

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie,
Physikalischen Medizin und Rehabilitation
Direktor: Prof. Dr. med. Dipl.- Ing. V. Jansson
Klinikum der Münchner Universität –
Campus Großhadern/Innenstadt

Messmethode zur Bestimmung von Schädelasymmetrien

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Erna Kleemann

Regenstauf

2016

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Dr. Ing. Wolfgang Plitz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Winfried Lange

Prof. Dr. med. Klaus A. Milachowski

PD Dr. sc. hum. Katja Anslinger

Mitbetreuung durch die
promovierten Mitarbeiterin: Dr. med. Daniela Heuschmann

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 12.08.2016

Eidesstattliche Versicherung

Kleemann Erna

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Messmethode zur Bestimmung von Schädelasymmetrien

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Zeitlarn, Juni 2016

Erna Kleemann

DANKSAGUNG

Vielen Dank an Prof. Dr. med. habil. Dr. Ing. Wolfgang Plitz, der für die Umsetzung meiner Ideen zur Promotion eine große Hilfe für mich war.

Von ganzem Herzen möchte ich Herrn Univ. Prof. Dr. rer. nat. Rainer Breul danken, der mich schon zu Beginn dieser Arbeit immer wieder fachkundig motivierte, sie zu vollenden.

Herzlichsten Dank an Dr. Daniela Heuschmann, deren Unterstützung und Fachkenntnis von unvorstellbarem Nutzen waren für diese Arbeit.

Von unschätzbarem Wert war mir die Hilfe meiner Familie, die mir durch ihre Unterstützung die Zeit gab und mir immer wieder den Rücken frei hielt, um diese Arbeit zu vollenden. - D A N K E.

Es gilt auch all denen riesengroßer Dank, die hier nicht namentlich genannt wurden.

Sie haben in dem Prozess dieser Arbeit keine mindere Rolle gespielt – ein herzliches Vergelt's Gott.

Zeitlarn, Juni 2016

Erna Kleemann

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Versicherung.....	I
DANKSAGUNG	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
Kurzfassung/Abstract.....	1
1 Einleitung	3
2 Ziel der Studie	5
3 Methodisches Vorgehen.....	6
3.1 Methoden	6
3.1.1 Entwicklung der Suchstrategie	6
3.1.2 Terminologie.....	7
3.2 Literaturdatenbanksuche	8
3.2.1 MeSH Suche in PubMed.....	8
3.2.2 Einschränkung der Suche	8
3.3 Identifikation der relevanten Studien.....	8
3.4 Auswahl des Studiendesigns.....	9
3.5 Bewertung der identifizierten Literaturdatenbanken.....	10
4 Ergebnisse der systematischen Literaturübersicht.....	11
4.1 Grundlagen	11
4.1.1 Geschichte.....	11
4.1.2 Normale Schädelform	20
4.1.3 Schädelformauffälligkeiten.....	22
4.1.4 Unterteilung der Schädelformauffälligkeiten in Kraniosynostosen und Nicht-Kraniosynostosen	26
4.1.5 Definition: Kraniosynostosen und Nicht-Kraniosynostosen.....	27
4.2 Ätiologie der Schädelformauffälligkeiten.....	29
4.2.1 Aufteilung nach primären, sekundären und metabolischen Ursachen.....	30
4.2.1.1 Primäre Ursachen	30
4.2.1.2 Sekundäre Ursachen.....	31
4.2.1.3 Metabolische Ursachen	32
4.2.2 Aufteilung nach intrauterinen und perinatalen Ursachen	32

4.2.3 Intrauterine Ursachen für Schädelformauffälligkeiten.....	33
4.2.3.1 Anomalien der Mutter	33
4.2.3.2 Teratogene.....	34
4.2.3.3 Fruchtwasserprobleme	38
4.2.3.4 Zwillings- und Mehrlingsschwangerschaften.....	40
4.2.4 Perinatale Ursachen für Schädelformauffälligkeiten	41
4.2.4.1 Parietale und weichteilbedingte Ursachen	41
4.2.4.2 Einflüsse der intrauterinen Schädelform des Kindes auf die Geburt	45
4.2.5 Hilfsmiteinsatz.....	50
4.2.5.1 Geburtsmechanische Regelwidrigkeiten.....	54
4.2.6 Postnatale Einflüsse	58
4.3 Therapien der Schädelformauffälligkeiten.....	59
4.3.1 1. Beobachten.....	59
4.3.2 2. DOC / Band- / Helm – Therapie	60
4.3.3 3. Operative Behandlung – Kraniotomie.....	60
4.3.4 Lagerung und Physiotherapie	61
4.3.5 Osteopathie	62
4.4 Zusammenfassung zum Literaturteil.....	65
4.5 Bewertung der Literatur	66
5 Entwicklung einer Messmethode	68
5.1 Methodisches Vorgehen.....	69
5.2 Gängige Messmethoden in der Medizin für den menschlichen Schädel	69
5.2.1 Klinische Klassifikation	70
5.2.2 Zweidimensionale Messmethoden.....	72
5.2.2.1 Cranial Index oder auch Cephalic Index	73
5.2.2.2 Cranial Vault Asymmetry Index	74
5.2.2.3 Craniale Asymmetrie Screening	76
5.2.2.4 Plagiozephalometrie mittels Thermoplastikstreifen	77
5.2.2.5 Kurze Achse – lange Achse mit Messzirkel	79
5.2.2.6 Cranial Diagonal Difference.....	79
5.2.2.7 Cranial Vault Asymmetry, Orbitotragial Depth Asymmetry, Cranial Base Asymmetry	80
5.2.2.8 Messung mittels Ultraschall.....	82
5.2.2.9 Digitale Photogrammetrie und Photographie	83
5.2.2.10 Dreidimensionale Messmethoden für kindliche Schädel	84

5.2.3 Grundlegenden Begrifflichkeiten und Konzepte bei dreidimensionalen Messtechniken zur Datenerfassung.....	85
5.2.3.1 Koordinatenmessgeräte – Coordinate Measurement Machines (CMMs)	86
5.2.3.2 Distanzbilder – Range Imaging.....	87
5.2.3.3 Moiré-Effekt – Moiré Pattern Photography.....	89
5.2.3.4 Position Tracking.....	90
5.2.3.5 Stereophotogrammetrie.....	90
5.2.4 Vergleich der Ergebnisse der zweidimensionalen und dreidimensionalen Photogrammetrie.....	93
5.2.4.1 Grundlagen zur Verarbeitung der dreidimensional erfassten Daten.....	94
5.3 2D-Darstellungen in der Medizin	95
5.3.1 3D-Darstellungen in der Medizin	95
5.3.2 Grundlegende Betrachtungen zur Messung an dreidimensionalen Körpern	97
5.3.2.1 Standards für digitale Photographie:.....	97
5.3.3 Grundlagen der Digitalkameras.....	101
5.3.3.1 Aufbau einer digitalen Spiegelreflexkamera.....	101
5.3.3.2 Bildsensor	102
5.3.3.3 Pixelgröße, Anzahl der Pixel je Quadratmillimeter	102
5.3.3.4 Auslesetechnik und Verstärkung der elektronischen Signale des Prozessors	103
5.3.3.5 Kamerainterne Bildbearbeitung	103
5.3.3.6 Objektiv	104
5.3.3.7 gewählte Blende und Brennweite	104
5.3.3.8 Lichtbedingungen.....	105
5.3.3.9 Aufnahmebedingungen (Stativ- oder Handaufnahme).....	105
5.3.3.10 Nachbearbeitungssoftware	105
5.3.3.11 Druckstufe	106
5.4 Entwicklung einer eigenen Messmethode.....	108
5.4.1 Anwendbarkeit der gängigen Messmethoden bei Säuglingen in einer Praxis	109
5.4.2 Beschreibung der eigenen Fotomessmethodenentwicklung.....	110
5.4.2.1 Prinzip der Umfangsspiegelung.....	110
5.4.2.2 Prinzip der Winkeldarstellung	113
5.4.3 Mathematische Machbarkeit der Methode.....	114

5.5	Fehlerquellen	117
5.5.1	Technische Fehlerquellen.....	117
5.5.1.1	Optik- bzw. Linsenfehler:	117
5.5.1.2	CCD-Chip zur Digitalen Umwandlung.....	118
5.5.1.3	Ungenauigkeit durch 2- D-Auswertung	118
5.5.1.4	Nichteindeutigkeit der Bestimmungen der Bezugspunkte im Bild	119
5.5.2	Genauigkeit des Auswertenden	122
5.6	Zuverlässigkeit des entwickelten Messverfahrens	124
5.7	Eigenschaften des Messverfahrens und der entwickelten Software.....	125
5.8	Möglichkeit zur numerischen Auswertung.....	127
5.9	Darstellungsmöglichkeit des Maßes der Asymmetrie	132
5.9.1	in der kranialen Aufnahme.....	132
5.9.2	in der ventralen Aufnahme	132
5.10	Beispiele der Bilddarstellungen mit Auswertung mittels der entwickelten Messmethode.....	133
5.10.1	Ergebnisse bei der Erprobung der entwickelten Messmethode	133
5.10.2	Winkeldarstellung von Ventralfoto.....	133
5.10.3	Umfangsdarstellung und Spiegelung	136
5.11	Präliminäre Auswertung von 10 Kindern und 10 Prüfern	142
5.12	Test der Reproduzierbarkeit der Messungen.....	153
5.13	Zusammenfassung	156
6	Diskussion.....	157
7	Resume.....	163
8	Literaturverzeichnis	164
9	Anhang.....	178
9.1	Definitionsverzeichnis.....	178
9.2	Geburtsmechanik	189
9.3	Daten der Haltungs- und Einstellungsanomalien	190
9.4	Epidemiologische Tabelle.....	191
9.5	Abkürzungsverzeichnis.....	198

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dolichocephalus – Langschädel - ©Kleemann 2015	21
Abbildung 2: Brachycephalus – Kurzschädel – ©Kleemann 2015	21
Abbildung 3: Turrizcephalus ©Kleemann 2015	23
Abbildung 4: Turrizcephalus ©Kleemann 2015	23
Abbildung 5: Turrizcephalus ©Kleemann 2015	23
Abbildung 6: Plagiocephalus ©Kleemann 2015	23
Abbildung 7: Plagiocephalus ©Kleemann 2015	23
Abbildung 8: Brachycephalus ©Kleemann 2015	24
Abbildung 9: Brachycephalus ©Kleemann 2015	24
Abbildung 10: Oxycephalus ©Kleemann 2015	24
Abbildung 11: Einteilung Schädelformauffälligkeiten –Reibaud1989	25
Abbildung 12: Graphik Schädelformauffälligkeiten	26
Abbildung 13: Krafteinwirkung Schädel – Dolichocephaler Kopf Martius/Rath 1998	46
Abbildung 14: Krafteinwirkung Schädel – Brachycephaler Kopf Martius/Rath 1998	46
Abbildung 15: Dolichocephalus ©Kleemann 2015	47
Abbildung 16: Brachycephalus ©Kleemann 2015	47
Abbildung 17: Turrizcephalus ©Kleemann 2015	47
Abbildung 18: Cranial Vault Asymetry Index nach Kim et al. 2013	75
Abbildung 19: Cranial Asymetrie Screening	76
Abbildung 20: Plagiocephalometrie nach van Vlimmeren et al.2006	78
Abbildung 21: Messung mit Messzirkeln nach Mulliken et al. 1999	79
Abbildung 22: Messpunkte für CVA und OTDA nach Teichgraeber et al. 2001 ..	80
Abbildung 23: Messpunkte nach CBA nach Teichgraeber et al. 2001	81
Abbildung 24: Messpunkte nach CBA nach Dörhage 2010	81
Abbildung 25: Messung des Occipitalen Winkels mittels Ultraschall Darstellung B nicht betroffen, Darstellung C betroffener Schädel nach Kim et al. 2014	82
Abbildung 26: Grundbauformen von Koordinationsmessgeräten nach Weckenmann 2012	87
Abbildung 27: Prinzip der Erfassung eines Distanzbildes aus Riphagen 2008 ...	88
Abbildung 28: Moiré-Effekt bei Überlagerung zweier Punktmuster gleicher Teilung, gegeneinander verdreht (c) Wikipedia 2016	89

Abbildung 29: Prinzip der Erfassung eines Moiré-Imaging aus Riphagen et al. 2008	90
Abbildung 30: Photometrie-Aufnahmeplatz mit 20 Kameras nach Dörhage 2010	91
Abbildung 31: Zweidimensionale Messung nach Aarnivale et al. 2015	92
Abbildung 32: Dreidimensionale Messung nach Aarnivale et al. 2015	94
Abbildung 33: Frontale Aufnahme mit der Frankfurter Horizontalen nach Ettore et al. 2006.....	99
Abbildung 34: <i>Frontale Aufnahmen bei Säuglingen nach Schaaf et al. 2006</i>	99
Abbildung 35: <i>Craniale Aufnahmen bei Säuglingen nach Schaaf et al. 2006</i> ...	100
Abbildung 36 Spiegelreflexkamera Burgard (2016)	101
Abbildung 37: <i>Bestimmung der Symmetrale</i> - ©Kleemann 2015.....	110
Abbildung 38: <i>Bestimmung der Umfangslinie</i> -©Kleemann 2015	111
Abbildung 39: <i>Berechnung der Asymmetrie</i> - ©Kleemann 2015	111
Abbildung 40: Winkeldarstellung – ©Kleemann 2015.....	113
Abbildung 41: Illustration der Winkelabbildung – Tomic 2003	115
Abbildung 42: Illustration der Umfangsliniendarstellung - Tomic 2003	116
Abbildung 43: Chromatische Aberration Tudoric Ghemo 1984.....	117
Abbildung 44: sphärische Abberation Tudoric Ghemo 1984	118
Abbildung 45: Winkelbestimmung – Fehlerabschätzung – ©Kleemann 2004...	119
Abbildung 46: Augenlinie P1 P2 - ©Kleemann 2004.....	120
Abbildung 47: Winkeldarstellung – ©Kleemann 2004.....	121
Abbildung 48: Helixverbindung automatisierung – ©Kleemann 2015	125
Abbildung 49: Foto von Cranial ©Kleemann 2004	127
Abbildung 50: Schwarz-Weiß – ©Kleemann 2004	127
Abbildung 51: Kantendetektion ©Kleemann 2004.....	128
Abbildung 52: Kopfumfang ©Kleemann 2004	128
Abbildung 53: Mittellinie ©Kleemann 2004.....	129
Abbildung 54: Umfangspiegelung ©Kleemann 2004	129
Abbildung 55: Schichtungslinien – ©Kleemann 2004	130
Abbildung 56: Seitendifferenz – ©Kleemann 2004	130
Abbildung 57: Darstellung der Asymmetrie – ©Kleemann 2004.....	131
Abbildung 58: Winkeldarstellung Bsp. 1 – ©Kleemann 2004.....	133
Abbildung 59: Winkeldarstellung Bsp. 2 – ©Kleemann 2004.....	134
Abbildung 60: Winkeldarstellung Bsp. 3 – ©Kleemann 2004.....	134

Abbildung 61: Winkeldarstellung Bsp. 4 – ©Kleemann 2004.....	134
Abbildung 62: Winkelvermessung Bsp. 1 – ©Kleemann 2015.....	135
Abbildung 63: Winkelvermessung Bsp. 2 – ©Kleemann 2015.....	135
Abbildung 64: Umfang Bild1 – ©Kleemann 2004	136
Abbildung 65: Umfang Bild2 – ©Kleemann 2004	136
Abbildung 66: Umfang Bsp1 – ©Kleemann 2004	137
Abbildung 67: Umfang Bsp 2 – ©Kleemann 2004	137
Abbildung 68: Umfangvermessung Bsp. 1 – ©Kleemann 2015.....	138
Abbildung 69: Umfangvermessung Bsp. 2 – ©Kleemann 2015.....	138
Abbildung 70: Umfangvermessung Bsp. 3 – ©Kleemann 2015.....	139
Abbildung 71: Proband A1 – ©Kleemann 2004.....	140
Abbildung 72: Proband A2 – ©Kleemann 2004.....	140
Abbildung 73: Proband A3 – ©Kleemann 2004.....	140
Abbildung 74: Messreihe mit 10 Kindern nach Bearbeitung durch einen Prüfer mit der Software SymErf – ©Kleemann 2015	147
Abbildung 75: Lasermesstechnik Tomic 2015.....	182
Abbildung 76: Lichtstreifenprojektion Wikipedia 2015	183
Abbildung 77: Gescannte Dreidimensionale Bilder Frauenhofer Institut IOF 2007	183

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Überblick Hirn und Schädelforschung	19
Tabelle 2 Schädelformen - Unterteilungen	22
Tabelle 3 Schädelformauffälligkeiten – intrauterin/perinatal	32
Tabelle 4 Schädelformauffälligkeiten Intrauterin	33
Tabelle 5 Intrauterine Infektionen.....	35
Tabelle 6 Mütterliche Stoffwechselerkrankungen.....	36
Tabelle 7 Fruchtwasserprobleme und Folgeproblematik	39
Tabelle 8 Problematik Kind – folgeproblematik Schädelform	40
Tabelle 9 Beckenanomalien – Folgen perinatal	42
Tabelle 10 Beckenmasse des „normalen Beckens“ – Mändle 2003	42
Tabelle 11 Formanomalien des Beckens - Geburtsmechanik	43
Tabelle 12 Weichteilanomalien(Mutter) – Folgebeobachtungen(Kind)	44
Tabelle 13 Kopfmaße des „Normalen Schädels“ bei der Geburt Mändle 2003 ..	48
Tabelle 14 Geburtsmechanik und die verschiedenen Kopfformen	49
Tabelle 15 Darstellung: Haltung, Einstellung, Poleinstellung u. Lage – Martius/Heidenreich 1999	52
Tabelle 16 Geburtsmechanische Regelwidrigkeiten im Beckeneingang – Martius/Heidenreich 1999	55
Tabelle 17 Geburtsmechanische Regelwidrigkeit in der Beckenhöhle – Martius/Heidenreich 1999	56
Tabelle 18 Geburtsmechanische Regelwidrigkeit im Beckenausgang – Martius/Heidenreich 1999	56
Tabelle 19 Daten der Haltungs- und Einstellungsanomalie – Martius/Heidenreich 1999	57
Tabelle 20 Operationstechniken bei Craniosynostosen – Haberl 2004	61
Tabelle 21 Zuverlässigkeit der Messmethode im Therapeutenvergleich – Winkelbestimmung des Augenwinkels	123
Tabelle 22 Mittelwert - Augenwinkelbestimmung im.....	123
Tabelle 23 Zuverlässigkeit der Messmethode im	123
Tabelle 24 Auswertung der Vermessungsergebnisse der Ventralaufnahmen- (Summe der Differenzen zu 90° der Augen- und Mundlinien zur Nasenachse in Winkelgrad) 10 Kinder von 10 Prüfern Mittelwertvergleich der Augen- und Mundwinkel und Mittelwertberechnung	148

Tabelle 25 Varianz- und Standardabweichungsberechnung der Ventralvermessungen von 10 Kindern von 10 Prüfern des Augen- und Mundwinkels.....	148
Tabelle 26 Auswertung der Vermessungsergebnisse der Ventralaufnahmen- 10 Kinder von 10 Prüfern Mittelwertvergleich des Augenwinkels und Mittelwertberechnung	149
Tabelle 27 Varianz- und Standardabweichungsberechnung der Ventralvermessungen von 10 Kindern von 10 Prüfern des Augenwinkels.....	149
Tabelle 28 Auswertung der Vermessungsergebnisse der Ventralaufnahmen- 10 Kinder von 10 Prüfern Mittelwertvergleich des Augen- und Nasenwinkels zum 90 Gradwinkel und Mittelwertberechnung	150
Tabelle 29 Varianz- und Standardabweichungsberechnung der Ventralvermessungen von 10 Kindern von 10 Prüfern des Augen und Nasenwinkels zum 90 Gradwinkel	150
Tabelle 30 Auswertung der Vermessungsergebnisse der Kranialaufnahmen- (Verhältnis der Asymmetrie-/Differenzfläche zur Gesamtfläche des Schädels in Prozent) 10 Kinder von 10 Prüfern und Mittelwertberechnung	151
Tabelle 31 Varianz- und Standardabweichungsberechnung der Kranialvermessungen von 10 Kindern von 10 Prüfern Umfangspiegelung	151
Tabelle 32 Bilder zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Messungen durch den Programmanwender - ©Kleemann 2015.....	154
Tabelle 33 Auswertung der Vermessungsergebnisse an einem Probanden.....	155
Tabelle 34 Geburtsmechanik	189
Tabelle 35 Daten der Haltungs- und Einstellungsanomalien	190
Tabelle 36 Epidemiologische Tabelle.....	197

Kurzfassung/Abstract

Thema

Messmethode zur Bestimmung von Schädelasymmetrien

Zielsetzung

Bestandsaufnahme der medizinischen Literatur bezüglich intrauterin und perinatal bedingter Schädelformauffälligkeiten. Entwicklung einer Messmethode zur Bestimmung von Schädelasymmetrien anhand von Fotos.

Material / Methoden

1. Systematische Datenbanksuche in Medline, PreMedline und Embase sowie Referenzen und Bibliographien relevanter Arbeiten.
2. Befragung von Fachleuten, Sichtung von Fachliteratur und Entwicklung einer Messmethode

Ergebnisse: Literaturarbeit

Die normale Schädelform ist in Deutschland als Dolichocephalus definiert. Es bestehen Formauffälligkeiten, die in Formen mit fließenden Übergängen eingeteilt werden.

Schädelformauffälligkeiten nach der sechsten Lebenswoche werden in der Medizin in Verbindung mit Entwicklungsstörungen als Kraniosynostosen und Nicht-Kraniosynostosen als pathologisch gewertet.

Für Schädelformveränderungen sind intrauterine, perinatale und postnatale Ursachen bekannt. Kraniosynostosen werden nach bekannten Therapieformen behandelt und Nicht-Kraniosynostosen wurde bis vor kurzem nur bei Entwicklungsretardierungen Beachtung geschenkt. Die Häufigkeit der Plagiozephalie ist in den letzten Jahren auf 1:60 gestiegen durch die „Back-to-Sleep“-Kampagne, deren sinnvolle Ergänzung „tummy-time“ lange auf sich warten ließ. Bisherige Vermessungsmöglichkeiten von Schädelformauffälligkeiten sind meist aufwendig und kostenintensiv.

Ergebnisse: Messmethode

Durch die dargestellte Messmethode mittels Digitalfotos ist durch markierte Messwinkel im Frontalfoto sowie Spiegelung der cranialen Umfangslinien eine Diagnostik-, Darstellungs- und Dokumentationmöglichkeit mit hoher Genauigkeit von Schädelasymmetrien gegeben. Das Programm SymErf reduzierte die

Fehlerquellen, automatisierte den Prozess der Untersuchung und ist zur Dokumentation geeignet.

Schlussfolgerung

In der Literatur wird wenig über Schädelformauffälligkeiten ohne kraniosynostotische Veränderungen oder Entwicklungsstörungen ausgesagt. Es existieren verschiedene Messmethoden für den Säuglingsschädel, die jedoch vom Fachpersonal durchzuführen, zeit- und kostenintensiv sind. Zur Diagnostik von Schädelformauffälligkeiten, Dokumentation und Verlaufskontrolle von Schädelformauffälligkeiten wäre die entwickelte Messmethode anhand von Fotos sinnvoll. Über die Einführung bei den Vorsorgeuntersuchungen könnten Plagiozephalien frühzeitig erkannt, diagnostiziert und den verschiedenen Fachbereichen und Therapiemöglichkeiten zugeführt werden. Die entwickelte und patentierte Messmethode muss mit weiteren Studien evaluiert werden. Sie könnte für eine Studie zur Ermittlung von Häufigkeiten von Schädelasymmetrien und passageren perinatalen Symmetrieabweichungen nützlich sein.

1 Einleitung

Menschen beurteilen „Schönheit“ unterbewusst nach der Ebenmäßigkeit. Je nach kulturellen Unterschieden entspricht die Schönheit der Annäherung an die Norm der jeweiligen Rasse.

Wenn man jemanden betrachtet – bei Fremden ebenso wie bei uns selbst – reagiert man unbewusst auf Unebenmäßigkeiten und Asymmetrien des Körpers – besonders des Gesichtes. Je ebenmäßiger und symmetrischer der Betrachtete / das betrachtete Gesicht, desto schöner erscheint er / es uns.

Bei jedem Menschen ist andererseits bei genauer Untersuchung eine gewisse Asymmetrie feststellbar, die sich je nach Lebensumständen und Einflüssen bzw. Belastungen mehr oder weniger ausgeprägt hat. So kann sich eine geringe Skoliose ohne Beschwerden im Laufe der Zeit und Belastung – evt. einseitiger Belastung - in eine starke Skoliose mit Beschwerden ausweiten.

Bei einer Spiegelung von holographierten Gesichtshälften können manchmal zwei verschiedene Charaktere – Menschen sichtbar werden, wobei die normale Fotografie zuvor einen ganz anderen Eindruck vermittelt hat. Oft würde man guten Gewissens behaupten, dass zwischen den Menschen vom Originalbild und denen von den Spiegelungsbildern vielleicht eine Verwandtschaft bestehe, aber dass es mit Sicherheit nicht derselbe Mensch ist – so groß kann der Unterschied des Eindruckes sein.

Für Betroffene ist die Unebenmäßigkeit vor allem des Gesichtes meist ein großes Problem im Hinblick auf die psycho-soziale Situation. Individuell unterschiedlich stark reagiert jeder einzelne mit mehr oder weniger ausgeprägten Problemen, die sich bis zu Minderwertigkeitskomplexen ausweiten können. Besonders schwere seelische Verletzungen finden wir bei Kindern, die keine Schutzmechanismen gegen Verunglimpfungen kennen. Diese Störungen können irreparabel sein und Auswirkungen bis ins Erwachsenenalter haben.

Aus der plastischen Chirurgie ist bekannt, dass Menschen mit einer krummen Nase sehr stark darunter leiden können. Dies wirkt sich in ihrer Selbstsicherheit und ihrem Selbstwertgefühl aus und kann sogar bis zum Suizid führen.

In der täglichen Arbeit als Osteopath, vor allem bei Kinderbehandlungen wird man immer wieder mit der Frage konfrontiert: „Woher kommt das?“ – besonders, wenn es um Asymmetrien des Körpers und des Kopfes beim Säugling geht.

Häufig kommt auch die besorgte Frage von Seiten der Mütter: „Geht das wieder weg?“ – oder „Was gibt es für Mittel und Wege um das in Ordnung zu bringen“.

Schon in der Ausbildung zum Osteopathen werden die strukturellen Zusammenhänge im Menschen, insbesondere des intrauterinen und perinatalen Zeitraumes, welche uns das Grundverständnis über viele später erworbene „Muster“ im Menschen geben können, gelehrt.

In diesem Zusammenhang waren für diese Arbeit die Schädelform und ihr Ursprung, die Einflüsse, denen sie unterliegen und ihre Entwicklung interessant.

Um die Asymmetrien darstellbar zu machen, war es notwendig eine Messmethode dafür mit möglichst wenig Aufwand und möglichst genauer Vergleichbarkeit zu finden. Im Rahmen der Ausbildung zum Osteopathen wird man damit konfrontiert, dass es schwierig ist bei Säuglingen die Behandlungsnotwendigkeit von Schädelformveränderungen (ob intrauterin oder perinatal bedingt) zu belegen. In diesem Rahmen wurde 2000 bereits die Grundidee dieser Schädelformmessmethode zum ersten Mal schriftlich fixiert. 2005 wurde das Patent für „Messvorrichtung und Messverfahren zur Dokumentation von Schädelformveränderungen von Menschen“ (Patent Nr. 10 2005 050 415, IPC A61B 5/107 (2006.01) beim Deutschen Patent- und Markenamt patentiert und weiter bis zur Anwendbarkeit mit nur 2 Digitalkameras vervollständigt.

2 Ziel der Studie

Zwei Ziele werden in der vorliegenden Arbeit angestrebt, die sich wie folgt darstellen:

- Erstes Ziel ist eine umfassende Literaturrecherche in verschiedenen medizinischen Datenbanken und medizinischen Bibliotheken, um den Stand der Wissenschaft bezüglich intrauteriner und perinataler Schädelformauffälligkeiten zu ermitteln.

Da die Arbeit auf diesen Informationen basiert, nimmt der Literaturteil einen großen Raum ein.

- Zweites Ziel ist die Entwicklung einer Messmethode zur Erkennung und Dokumentation der morphologischen Schädelform und ihrer Veränderungen im Zeitverlauf anhand photographischer Dokumentation.

Es erscheint sinnvoll, zur Dokumentation auf ein einfach verfügbares bildgebendes Medium, wie z.B. digitale Fotografie, zurückzugreifen.

Das Ziel der vorliegenden Dissertationsschrift ist es, die Idee einer neuen Messmethode zur näheren Bestimmung für Schädelasymmetrien genauer darzustellen und bis zur Anwendbarkeit zu entwickeln, damit die Validierung folgen kann.

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Methoden

3.1.1 Entwicklung der Suchstrategie

Zum Einstieg in die Thematik wurde orientierend im Internet gesucht.

Lehrbücher der Medizin und der Vermessungstechnik und Leitlinien wurden zum Verständnis des Grundlagenwissens benutzt und als Nachschlagewerke herangezogen.

Allgemeine Wissensbibliotheken und Patienten-Informationsportale im Internet wurden ebenfalls zur allgemeinen Recherche herangezogen.

Die Datenbanken des National Institutes of Health (USA) wurde zudem nach laufenden oder vorangegangenen klinischen Studien aus verschiedenen Ländern durchsucht.

Um relevante Literatur zu den einzelnen Themenbereichen zu finden, erfolgte eine systematische Literatursuche in den Datenbanken von Medline 1966 - 2013/02 (week 1 - 4) einschließlich PreMedline 1966 - 2013/02 (week 3) und Embase 1988 - 2013/02 innerhalb der genannten Zeiträume.

Hinsichtlich anatomischer, physiologischer und insbesondere osteopathischer Fachliteratur wurden schließlich die Listen entsprechender Fachbücher unter folgenden Internetadressen durchgesehen:

www.amazon.de, www.bol.de, www.lob.de (Lehmann), www.vgm-portal.de (Verlag für ganzheitliche Medizin – Wühr – Kötzing).

Weitere systematische Literatursuchen wurden in folgenden Datenbanken durchgeführt:

Galaxy Medicine - <http://galaxy.net/galaxy/Medicine.html>

Global Health Network - www.pitt.edu/HOME/GHNet/Ghnet.html

Info –Service - www.info-med.de

MedWeb (alphabetisch Stichwort) - www.medwebmemory.edu/medweb

Multimedita (Zeitschriften im Volltext) - www.multimedita.de

Deutsche Forschungsgemeinschaft - www.dfg.de

Dt. Zentralbibliothek der Medizin in Köln - www.zbmed.de

National Library of Medicine (US) - www.nlm.nih.gov

Des Weiteren wurden die Referenzlisten der Studien und Lehrbuchkapitel nach weiterführenden Artikeln durchsucht.

Die letzte Recherche wurde im April 2015 durchgeführt.

3.1.2 Terminologie

Um eine möglichst vollständige Literaturrecherche zu gestalten und den Suchradius weiter einkreisen zu können, wurde nach den medizinischen Synonymen für die Schlagworte Schädelformauffälligkeiten bzw. Schädeldeformitäten gesucht.

Hierfür wurden zutreffende und bedeutsame Stichworte als Suchbegriffe ausgewählt und in geeigneter Weise kombiniert.

Zum Erfassen des Themas dienten folgende Suchbegriffe:

Crani*, abnormalit*, synost*, dysmorph*, syndrom*, birth*, perinatal*, intrauteri*, complicati*, trauma*, krani*, head*, deformit*, classi*, grow*, diagn*, manage*, surge*, genet*, classific*, genetic*, surge*, head*, nonsyndrom*, craniosynostos*

Um auch unveröffentlichte Studien zu identifizieren, erfolgten Suchanfragen bei der „American Osteopathic Association“, „American Academy of Osteopathy“ und bei der „British School of Osteopathy“.

In gesichteten Artikeln, die den Fragestellungen entsprachen, wurden die dort aufgelisteten Schlüsselwörter nochmals genauer recherchiert.

Die Begriffe Crani*, abnormalit*, synost*, dysmorph*, syndrom*, birth*, perinatal*, intrauteri*, complicati*, trauma*, krani*, head*, deformit*, classi*, grow*, diagn*,

manage*, surge*, genet*, classific*, genetic*, surge*, head*, nonsyndrom*, craniosynostos* wurden mit dem Booleschen Operator AND verknüpft. So konnten die Suchen noch genauer durchgeführt werden.

3.2 Literaturdatenbanksuche

3.2.1 MeSH Suche in PubMed

Zunächst wurden die MeSH Begriffe (Medical subject heading) in PubMed benutzt, um den Terminus festzulegen, unter dem spezifische Artikel zu finden sind. Die MeSH Suche zu „Kraniosynostosen“ ergab als Ergebnis „Craniosynostosis“.

3.2.2 Einschränkung der Suche

Um die relevanten Studien zu finden, wurde die Suche auf bestimmte Rahmenbedingungen eingeschränkt. Der Zeitraum wurde beschränkt auf Arbeiten von 2010 bis 2014, um möglichst aktuelle wissenschaftliche Arbeiten zu finden. Weiter wurden Filter ausgewählt, welche die Suche auf die deutsche und englische Sprache limitierten, sowie auf Studien, die an Menschen durchgeführt wurden.

In der Suchstrategie, wie unter anderem die Referenzsuche in Literaturlisten ergänzend zur PubMed Suche, wiederholten sich immer wieder gewisse Studien. Ebenso wurde nochmal ohne Jahreseingrenzung gesucht, was jedoch zu keinen weiteren relevanten Studien führte.

3.3 Identifikation der relevanten Studien

Bei allen Treffern der eingegrenzten Suche wurden die Abstracts und Titel gelesen. Dadurch konnten Themen aussortiert werden, die sich nicht konkret mit der Fragestellung befassten. Im Weiteren wurden die relevanten wissenschaftlichen Arbeiten miteinander verglichen und die Aussagen in den Reviews genau analysiert. Die Referenzen in den Literaturlisten der Reviews wurden auf weitere unbekannte Studien durchsucht.

Des Weiteren wurde nach Metaanalysen, klinischen Fallstudien, sowie kleineren Studien und Fallstudien gesucht.

Bei den ausgesuchten Studien wurde darauf geachtet, dass sich die Hauptthematik mit den Schädelformdeformitäten und deren Ursachen, Therapien und Vermessungsmöglichkeiten beschäftigte.

Als gängige Therapiemöglichkeiten wurde die Helmtherapie bei Nicht-kraniosynostotischen Schädelformveränderungen genannt.

Die folgenden Fragestellungen wurden zur Bewertung der gefundenen Literatur verwendet:

- Beschäftigt sich die wissenschaftliche Arbeit mit den Ursachen, der Behandlung bzw. der Therapie von Schädelformauffälligkeiten bzw. der Messbarkeit?
- Welche Ursachen wurde untersucht?
- Welche Therapie wurde untersucht?
- Was sind die Ergebnisse der Studie?
- Welche Messmethode wurde angewandt?

Bei allen ausgesuchten Studien wurde darauf geachtet, dass sich die Hauptthematik mit Schädelformauffälligkeiten bzw. Schädeldeformitäten, deren Ursache bzw. Therapie und Messbarkeit auseinandersetzt.

Bei den gefundenen Artikeln in PubMed wurde keine Begrenzung des Studiendesigns gemacht, um einen möglichst großen Überblick über Kraniosynostosen, deren Diagnostik und Behandlung zu erhalten. Um den größten Umfang an wissenschaftlichen Informationen und Literaturreferenzen zu erlangen, war es von Interesse, hier zusätzlich zu den verschiedenen Studien auch noch Leitlinien, Systematic Reviews und Artikel aus Journalen zu inkludieren.

3.4 Auswahl des Studiendesigns

Schlussendlich konnten für die Ursachen, und die Therapien Studien gefunden werden. Ein Vergleich der jeweiligen Ergebnisse wurde durch die verschiedenen Fragestellungen nicht angestellt, sondern lediglich die Resultate dargestellt.

3.5 Bewertung der identifizierten Literaturdatenbanken

Um möglichst wissenschaftliche und aktuelle Literatur zu benutzen, wurde darauf geachtet, ausschließlich Informationen aus medizinischen Fachportalen zu beziehen.

Aus PubMed wurden ausschließlich Studien und Zeitschriftenartikel ausgesucht, die aus universitären Einrichtungen stammten bzw. von Ärzten oder Wissenschaftlern verfasst wurden.

Die Cochrane Library enthält ausschließlich systematische Übersichtsarbeiten und kontrollierte Studien, die im Rahmen von evidenzbasierter Medizin erstellt wurden. Vor allem die Wirksamkeit und Eignung medizinischer Behandlungsmethoden wird in den Übersichtsarbeiten untersucht.

Der Journal Impact Factor (JIF) bzw. Impact Factor (IF) beschreibt das allgemeine Ansehen und den Einfluss einer Fachzeitschrift. Somit ermöglicht der Vergleich des Impact Factor einen Vergleich der Fachzeitschriften. Je höher der Impact Factor, desto höher das Ansehen. Es wurden Studien gesucht mit einem möglichst hohen Impact Factor.

Zur Qualitätssicherung der benutzten Informationen wurde darauf geachtet, vertrauenswürdige Informationsquellen mit HONcode Auszeichnung auszuwählen. Der HONcode ist ein Zertifikat, um nützliche und zuverlässige medizinische Internetseiten im Internet zu finden. (HON-code. www.hon.ch/HONcode/Patients/Visitor/visitor,online : 27.07.2014)

4 Ergebnisse der systematischen Literaturübersicht

4.1 Grundlagen

4.1.1 Geschichte

Franz Joseph Gall (Tiefenbronn / Baden 1758 – 1828 Paris) – lehrte nach Abschluss des Medizinstudiums (1785 in Wien) die Wissenschaft der „Phrenologie“ (phrenos = Geist), eine prinzipiell neue Wissenschaftsrichtung, die postulierte, dass sich geistige Vorgänge vorwiegend in speziellen Hirnabschnitten abspielten und sich indirekt somit „kranimetrisch“ oder „anthropometrisch“ nachmessen ließen. Er ging davon aus, dass entsprechend geistigen Fähigkeiten die entsprechenden Hirnabschnitte übergroß entwickelt seien und dies wiederum würde sich am Schädel durch entsprechende Schädelformen nachweisen lassen (Kranimetrie).

Darüber schrieb Gall 1825 ein sechsbändiges Opus: „Sur les fonctions du cerveau“.

Gall hatte als einer der Ersten richtigerweise postuliert, dass das Hirn bzw. gewisse Hirnabschnitte einziger Sitz intellektuell-geistiger Funktionen sei. Somit kann Gall als ein Pionier der modernen ZNS-Forschung gesehen werden. In der Folge entwickelte sich aber die Phrenologie auf methodologisch von der Schulmedizin nicht anerkannten Pfaden – und artete später in politisierten Verirrungen aus, z. B. im viktorianischen England (orthognathischer Herrenmensch vs. prognathischer Untermensch in den Kolonien), während der nationalsozialistischen Diktatur (die Schädel von ermordeten KZ-Insassen wurden auf „typische jüdisch-kommunistische Merkmale“ vermessen) und beispielsweise in Italien, wo durch Cesare Lombroso (Verona 1835 – 1909 Turin) die „Stigmata“ des „Uomo delinquente“ (z. B. Diebe haben „lange Finger“) in der „Anthropologie der Kriminalistik“ eingesetzt wurden.

Es sind neuerdings Bestrebungen im Gange, die sektiererische „Pseudowissenschaft Phrenologie“ entsprechend zu entrümpeln und methodologisch zu rehabilitieren (Tepperwein 1998).

Um 1850 legte Fick (Fick, Franz-Ludwig um 1850) die sogenannte

„Rassenschädelsammlung“ an, bei der die unterschiedlichen Schädelformen der Bewohner verschiedener Erdregionen dargestellt wurden. Er sammelte auch Schädel von Mördern, weil er hoffte, ihre Schädelform von der anderer Menschen unterscheiden zu können.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Hirn- und Schädelforschung im Hinblick auf die Schädelform und Schädel- Hirn- Modelle seit 1755.

Daten	Name	Schädel-Hirn-Modell	Bemerkungen
1755 – 1830	Gall, Franz Joseph	Versuchte die Ausbildung von Hirn und Schädelformen an einzelnen Individuen mit deren bestimmten Verhaltensbesonderheiten zu korrelieren. In Konsequenz ergab sich für ihn, dass die spezifischen Ausprägungen des Schädels – die mit Verhaltensfunktionen korreliert sind – als Resultat von Baubesonderheiten der darunterliegenden Hirnrinde zu verstehen sind - > Phrenologie.	
1771– 1802	Bichat, Francois Xavier	Schloss aus der morphologischen Symmetrie des Grosshirns auf eine Funktionssymmetrie der beiden Hirnhälften	
1791	Sömmering	Definition: Kraniosynostosen sind allgemeine oder umschriebene Wachstumsstörungen des Schädelskelettes, die mit prämaturer Fusion einzelner oder mehrerer Schädelnähte einhergehen.	
1850	Fick, Franz- Josef	Anlegen der sogenannten „Rassenschädelsammlung“, bei der die unterschiedlichen Schädelformen der Bewohner verschiedener Erdregionen dargestellt wurden. Er sammelte auch Schädel von Mördern, weil er hoffte, ihre Schädelform von der anderer Menschen unterscheiden zu können (Universität Marburg).	
1851	Virchow	Mögliche funktionelle Folge der Kraniosynostose ist die Kraniosostenose. Sie bezeichnet ein, mit intrakranieller Drucksteigerung einhergehendes, Missverhältnis zwischen	Von Schüller (1929) und Collmann (1988) genauso beschrieben.

Daten	Name	Schädel-Hirn-Modell	Bemerkungen
		Schädelinhalt und Schädelkapazität. Die vorgeschlagene Klassifikation beruht auf der Beschreibung der äußerlich erkennbaren Auswirkungen einer Kraniosynostose.	
Ca.1875	Redfields, J. W.	Als Fortsetzung der Arbeiten von Combe publizierte er ein detailliertes Schema, welches 106 (Hirn-)Organe (im Gallschen Sinne) umfasste	Neophrenolog(i)e – Diese Art von Systematisierung war bis ins letzte Jahrhundert populär und noch 1916 veröffentlichte Fowler ein Schema der phrenologisch zu erfassenden Organe.
1939	Rauber – Kopsch	Beachtung wesentlicher Schädelformgleichheit – mit bedeutenden Abweichungen; Geschlechts-, Alters-, Individuen-, Rassen- und Rassen- vermischungsbedingt.	
1979	Cohen	Abgrenzung 57 verschiedenen kraniofazialer Symptomenkomplexe gegeneinander.	
1986	Cohen und David et al.	Vorliegende Untersuchungen unterscheiden zwischen einfachen, isolierten und komplexen, syndromgebundenen Formen der Kraniosynostosen.	
1991	TU – München	Wiederherstellungsoperationen des Gesichtsschädels, computergestützt auf der Basis von 3D-Technologien, an der Poliklinik für Mund-Kiefer-Gesichts- Chirurgie (MKG) der TU	Die Klinik hat dafür ein eigenes Zentrum für CAS (Computer Assisted Surgery)

Daten	Name	Schädel-Hirn-Modell	Bemerkungen
		München unter Leitung von Priv.-Doz. Dr. H.-F. Zeilhofer.	eingrichtet.
1995	Marchac und Renier	<p>Nach Modifikation von MARCHAC und RENIER werden fünf Schädelformen unterschieden, die isoliert oder in vielfältigen Kombinationen auftreten können:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Trigonocephalus, 2. Plagiocephalus, 3. Brachycephalus, 4. Skaphocephalus, 5. Oxycephalus. <p>Die Differenzierung der komplexen Formen beruht bisher auf klinischen Gesichtspunkten.</p>	
1995	Cohen M. M. Jr.	<p>Abgrenzung von über 150 verschiedenen, genetisch bedingten Syndromen, die Kraniosynostosen als fakultatives oder obligates Merkmal ausbilden (z.B. Apert-, Crouzon-, Pfeiffer-, Jackson-Weiss-, Saethre-Chotzen – Syndrom).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei den syndromatischen Formen der Craniofacialen Dysostose ist die Kranio-synostose eine Komponente und die Schädelbasis wird als eine Region der primären Pathologie/ Primärpathologie angesehen. 	<p>Infolge der stetig wachsenden Zahl beschriebener Krankheitsbilder mehrten sich Ähnlichkeiten und Überschneidungen der Symptomatik.</p> <p>Eine auf klinische Beobachtungen beschränkte Differenzierung erwies sich immer mehr als unvollständig.</p> <p>Aus diesem Grund versuchen molekular-genetische Forschungs-</p>

Daten	Name	Schädel-Hirn-Modell	Bemerkungen
			gruppen derzeit, veränderte Erbanlagen zu identifizieren, um Krankheitsbilder nach ihrem Genort einzuteilen.
1996	Zöller und Mühling	Innerhalb der isolierten Kraniosynostosen bevorzugen Zöller und Mühling die Einteilung nach der Schädelform.	
1998	Pschyrembel	Definition: Normocephalus oder Mesocephalus ist ein Schädel mit normaler Durchschnittsform und -größe	
1998	Martius und Rath	Darstellung der Kraftwirkung auf den kindlichen Schädel während der Geburt im Hinblick auf die intrauterine Schädelform.	Es besteht Konsens in der Gynäkologie und Geburtshilfe was die massive Krafteinwirkung auf den kindlichen Schädel perinatal betrifft.
2002	Kinderchirurgie Uni München	Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlich medizinischer Fachgesellschaften erarbeitet Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie in Bezug auf Kraniosynostosen und Kraniostenosen	
2003	Boltshauser et al.	Beobachtung operativ und nicht operativ versorgte Kraniosynostosen (non-syndromal) – Ergebnis: kein Unterschied	
2004	Cohen et al.	Forschungsergebnis: Kinder mit non-syndromalen Kraniosynostosen haben milde Defizite im psychomotorischen Bereich sowie in der mentalen Entwicklung	

Daten	Name	Schädel-Hirn-Modell	Bemerkungen
2005	Graham et al.	Normgröße für Schädel: Definiert als Cranial Index bzw. Cephalic Index (CI= max. Schädelbreite SD x 100max. Schädellänge AP) zwischen 76% und 81%	
2007	KimonisV, Gold JA, Hoffmann TL, Panchal J, Boyadjev SA	Abgrenzung von über 180 verschiedenen, genetisch bedingten Syndromen, die Kraniosynostosen als fakultatives oder obligates Merkmal ausbilden	
2008	H.Wassermann Uni-Klinik Münster	Operative Behandlung von Non-syndromalen Kraniosynostosen zeigt keine Veränderung der motorischen, kognitiven, emotionalen und sozialen Entwicklung. Ergebnis: Die OP's sind kosmetisch wie die Studie belegt.	
2008	Ingrid Horn	„In Zukunft könnten Antikörper gegen Kraniosynostosen auslösende Signalmoleküle eingesetzt werden“	Die Forschung arbeitet weltweit daran
2008	Boulet SI, Rasmussen SA, Honein MA,	Durch Studie belegte Risikofaktoren (281 Patienten) für non-syndromale Kraniosynostosen sind: Schwangerschaft der Mutter mit 35 LJ oder älter, mehrgebärend, weiblich, Geburtsgewicht über 4000g	
2009	Di Rocco F, Arnaud E, Renier D,	Entwicklung der Kraniosynostosen der letzten 20 Jahre. Studie mit 2808 Patienten: die dadurch entstandene Einteilung von Kraniosynostosen: 1. Scaphocephal (1224)	

Daten	Name	Schädel-Hirn-Modell	Bemerkungen
		2. Plagiocephal (315) 3. trigonocephal (598) 4. brachycephal (105) 5. oxycephal (69) 6. syndromic (396) 7. ohne Einteilung (101)	
2010	Dörhage K.	Craniale Asymmetrie Screening-Messung (CAS) wird für lagebedingte Plagiozephalie zur Diagnostik vorgestellt	Mit einem Messzirkel oder einer Craniometer-Schieblehre durchführbar
2011	Captier G, Dessauge D, Picot MC, Bigorre M, Gossard C, El Ammar J, Leboucq N.	Klassifizierung und „Pathologisches Modell“ postural cranialer Deformitäten: plagiocephal und brachiocephal: (181) Patienten 1. fronto-occipital plagiocephal 2. occipital plagiocephal 3. posterior brachiocephal	Immer im Zusammenhang mit muskulären Komponenten
2012	Wilbrand JF, Schmidtberg K, Bierther U, Streckbein P, Pons-Kuehnemann J, Christophis P, Hahn A, Schaaf H,	Klinische Klassifizierung von kindlichen „Nonsyndromic cranial deformity“ in 3 Gruppen: 1. positional plagiocephaly 2. positional brachycephaly 3. combined positional plagiocephaly and brachycephaly	

Daten	Name	Schädel-Hirn-Modell	Bemerkungen
	Howaldt HP		
2014	Anderson IA, Goomany A, Bonthron DT, Bellew M, Liddington MI, Smith IM, Russel JL, Carter LM, Guruswamy V, Godden JR, Chumas PD.	Gesamt 312 Patienten in 5 Jahren mit Kraniosynostosen untersucht: von 296 (95%) ethnische Daten vorhanden: in 2 Gruppen klassifizierbar: westlicher Herkunft (222 Patienten) und asiatischer Herkunft (56 Patienten).	Eine größere und multikulturell angelegte Studie wäre allerdings notwendig um genauere Aussagen über die möglichen Relationen von ethnischen Ursachen für nichtsyndromale Kraniosynostosen zu geben
2014	Likus et al.	Als Normgröße wird ein Cranial Index oder auch Cephalic Index ($CI = \frac{\text{max. Schädelbreite}}{\text{max. Schädellänge AP}} \times 100$) zwischen 79% und 83% genannt	Graham et al. 2005 benannte Zwischen 76% und 81 %

TABELLE 1 ÜBERBLICK HIRN UND SCHÄDELFORSCHUNG

4.1.2 Normale Schädelform

In Medline ist im Bezug zur Definition und über die Norm der Schädelform unter den Suchbegriffen crani*, cephal*, Brachy*, Dolicho*, Meso* und Normocephal* nichts zu finden.

Ein Normozephalus auch Mesocephalus genannt, ist ein Schädel mit normaler Durchschnittsform u. -größe lt. Pschyrembel (1998). Morphologische Varianten, die noch als normal anzusprechen sind: der

- Dolichocephalus (Langschädel),
- der Mesocephalus und
- der Brachycephalus (Kurzschädel).

Als Normgröße wird ein Cranial Index oder auch Cephalic Index (CI = maximale Schädelbreite SD x100/ maximale Schädellänge AP) zwischen 79% und 83% genannt (Likus et al. 2014) bzw zwischen 76% und 81% (Graham et al. 2005).

In der Gynäkologie wird postnatal der dolichocephale Schädel als die Norm angesehen (Mändle et al. 2003, Stauber/Weyerstahl 2001, Goerke 2002, Martius 1998). Er ist bei ca. 80% der neugeborenen Säuglinge zu beobachten (Martius 1998).

Die Gynäkologie ist sich einig, dass der Dolichocephalus und der Brachiocephalus im Hinblick auf den Geburtsverlauf als normale intrauterine Schädelformen (siehe 4.2.4.2, S.48) gelten (Mändle et al. 2003).

Der brachiocephale Schädel wird, solange keine Entwicklungsstörungen vorhanden sind, als normal angesehen (Pschyrembel 1998) – bei Entwicklungsverzögerungen bzw. frühzeitigen Nahtverschlüssen zählt er zu den auffälligen Schädelformen (Charité – Berlin Informationsseiten 2003, Cohen 1995, Marchac und Renier 1995).

Es besteht Konsens in der pädiatrischen Literatur, wenn von „Normwerten“ gesprochen wird welche sich auf Umfangs-, Längen – und Breitenwachstum des kindlichen Schädels postpartum beziehen. Diese Normwerte sind in den Wachstumspercentilen dargestellt. (Keller/Wiskott 1991, Stauber/Weyerstahl 2001, Goerke 2002).

Was die Schädelmaße den Geburtszeitpunkt betreffend angeht, so werden diese in der pädiatrischen und gynäkologischen Literatur gleich angegeben.

Der Dolichocephalus - Langschädel:

- ist die häufigste Kopfform.
- ist lang und schmal und verjüngt sich zum Hinterhaupt hin (Mändle et al. 2003), Dolichocephaly = CI < 76% (Mändle et al. 2014)



ABBILDUNG 1: DOLICHOZEPHALUS – LANGSCHÄDEL - ©KLEEMANN 2015

Der Brachycephalus - Kurzschädel:

- Bei dieser, auch als Rundkopf bezeichneten Form, sind die hohe Stirn und das flache Hinterhaupt typisch (Mändle et al. 2003), Brachycephalus = CI > 90 % (Mändle et al. 2014)



ABBILDUNG 2: BRACHYZEPHALUS – KURZSCHÄDEL – ©KLEEMANN 2015

In den USA war die Norm laut Hummel et al. (Hummel et al, 2005) früher eher der Dolichocephalus, derzeit eher der Brachycephalus. In Deutschland wird der Dolichocephalus als Norm angesehen (Mändle et al. 2014)

Wenn in der pädiatrischen Literatur von Normwerten eines Schädels gesprochen wird, so beziehen sie sich auf Umfangs-, Längen- und Breitenwachstum postpartum. Diese sind in den WHO-Wachstumspercentilen dargestellt (WHO 2016).

4.1.3 Schädelformauffälligkeiten

Die Medizin kennt klar definierte Schädelformauffälligkeiten

Es gibt fünf allgemein anerkannte Grundformen.

Diese Formen erfahren Unterteilungen, wie in der untenstehenden Tabelle zu sehen ist:

Schädelform	Unterteilung in	Beschreibung
Stenocephalus	Akrozephalus	
	- Turrizephalus	- zylindrisch
	- Pyrogozephalus	- konisch
	Skaphozephalus	lang , eng und schmal (Kahnschädel)
	Pachyzephalus	kurz und breit
	Plagiozephalus anterior und posterior	- völlige Asymmetrie - Parallelogramm - trapezförmig
	Trigonozephalus (Sphenozephalus)	Dreiecksschädel
	Kleeblattschädel (Holtemüller-Wiedemann Syndrom)	kleeblattförmig
Oxyzephalus		Spitzschädel
Brachyzephalus		Breitschädel
Makrozephalus		
Mikrozephalus		

TABELLE 2 SCHÄDELFORMEN - UNTERTEILUNGEN

Fotobeispiele zu den einzelnen Schädelformen:

- Stenozephalus verschiedene Beispiele

- Turrizephalus



**ABBILDUNG 3:
TURRIZEPHALUS
©KLEEMANN 2015**



**ABBILDUNG 4:
TURRIZEPHALUS
©KLEEMANN 2015**



**ABBILDUNG 5:
TURRIZEPHALUS
©KLEEMANN 2015**

- Plagiozephalus



**ABBILDUNG 6: PLAGIOZEPHALUS
©KLEEMANN 2015**



**ABBILDUNG 7: PLAGIOZEPHALUS
©KLEEMANN 2015**

- Zu Brachyzephalus



ABBILDUNG 8: BRACHYZEPHALUS
©KLEEMANN 2015



ABBILDUNG 9: BRACHYZEPHALUS
©KLEEMANN 2015

- Zu Oxyzephalus



ABBILDUNG 10: OXYZEPHALUS
©KLEEMANN 2015

In der Literatur werden weitere Formen (Abb. 11) beschrieben – ein fließender Übergang ist zwischen den einzelnen Formen gegeben.






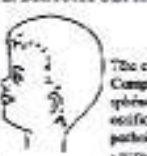







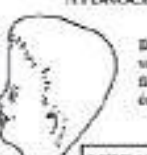
1. PLATYCEPHALE  <p>Tête plate. Compression : sur toute la coronale en avant. Développement : dans le sens antéro-postérieur.</p>	2. CLINOCEPHALE  <p>Tête en forme de selle. Compression : aux parties ou aux parties supérieures. Développement : en hauteur latéralement.</p>	3. KYPHOCEPHALE  <p>Tête en forme de bouc à l'arrière. Compression : aux arrières. Développement : du frontal.</p>	4. TAPEICEPHALE  <p>Tête très plate. Compression : de l'occipito-sphénoïdale. Développement : plutôt en largeur.</p>	BATHYCEPHALE	
1. TROCHOCEPHALE  <p>Tête ovale. Compression : aux 2 pôles des coronales.</p>	2. BRACHYCEPHALE SIMPLE  <p>Tête courte. Compression : de la sphéro-basale. ossification trop précoce. pathologie associées : - anémie, plume, coïles. - tumeur 21.</p>	3. OXYCEPHALE  <p>Tête en forme de pain de sucre. Compression : des 2 lambdoïdes. Développement de la garde d'occipital en hauteur, crâne court, face large, nez plat.</p>			BRACHYCEPHALE
1. SPHENOCEPHALE  <p>Tête en forme de coin. Compression : sur la sagittale. Développement : de la face antérieure linguale en hauteur.</p>	2. DOLICHOCEPHALE  <p>Tête longue et étroite. Compression : de la sagittale au vertex. Développement : antéro-postérieur des parties.</p>	3. MACROCEPHALE  <p>Tête droite et longue. Compression : de la sagittale. Développement : des parties en longueur face droite, palais durci.</p>	4. APOICEPHALE  <p>Tête perlonce. Compression : de la base occipito-rhinoïdienne. Développement : des parties en largeur égale.</p>	STENOCEPHALE	
SUJET NORMAL  <p>Tête légèrement ovale.</p>		PLAGIOCEPHALE  <p>Tête en quadrilatère déformé. Compression : en diagonale de une corne à la lambdoïde opposée. - lésion méninge de la S.S.B. - scissure du nez.</p>	HYDROCEPHALE  <p>Développement anormal par insuffisance de drainage du L.C.R.</p>	MEGALOCEPHALE	

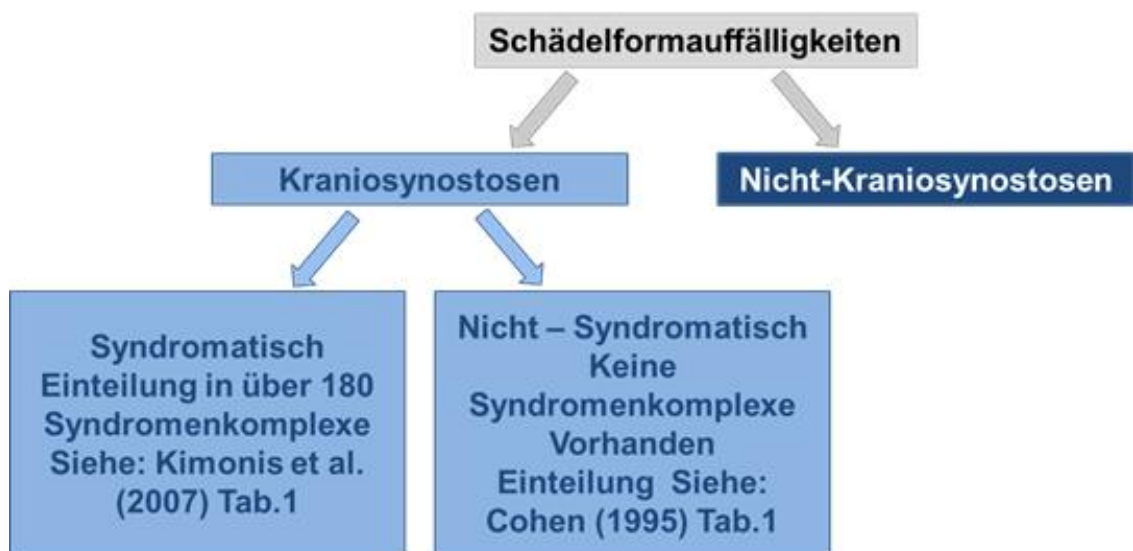
ABBILDUNG 11: EINTEILUNG SCHÄDELFORMAUFFÄLLIGKEITEN – REIBAUD1989

Auch P. Reibaud (franz. Osteopath) hat 1989 in verschiedene Schädelformauffälligkeiten eingeteilt, wie aus der Abbildung 11 sichtbar wird.

4.1.4 Unterteilung der Schädelformauffälligkeiten in Kraniosynostosen und Nicht-Kraniosynostosen

Die Schädelformauffälligkeiten werden heutzutage unterteilt in Kraniosynostosen und Nicht- Kraniosynostosen (Sömmering 1791 und Collmann 1988, Cohen 1995, Huang et al. 1998).

Graphische Darstellung zur Einteilung:



**ABBILDUNG 12: GRAPHIK SCHÄDELFORMAUFFÄLLIGKEITEN
KLEEMANN 2004**

4.1.5 Definition: Kraniosynostosen und Nicht-Kraniosynostosen

Chumas et al. (1997) definiert Craniosynostosis: - Premature closure of one or more sutures of the skull (Kraniosynostosen als frühzeitigen Verschluss einer oder mehrerer Schädelnähte durch eine Fehlentwicklung des Schädels).

Die Literatur spricht von Schädeldysmorphien bzw. –auffälligkeiten – diese sind unterteilt in Kraniosynostosen und Nicht-Kraniosynostosen (Sömmering 1791, Huang et al. 1998, Collmann 1988).

Kraniosynostosen sind lt. Sömmering (1791) und Collmann (1988) allgemeine oder umschriebene Wachstumsstörungen des Schädelskelettes, die mit prämaturer Fusion einzelner oder mehrerer Schädelnähte einhergehen.

Die Kraniosynostose (eine mögliche Folge der Wachstumsstörung) bezeichnet ein, mit intrakranieller Drucksteigerung einhergehendes Missverhältnis zwischen Schädelinhalt und Schädelkapazität, wie Virchow (1851), Schüller (1929) und Collmann (1988) beschreiben. Eine eindeutige Nomenklatur der Kraniosynostosen hat sich bisher nicht durchgesetzt.

Die Nahtverknöcherung führt über die Schädeldeformation zu einer intrakraniellen Raumeinschränkung. Daraus kann – muss aber nicht zwingend der Fall sein - eine Hemmung des Schädelwachstums erfolgen. Wird das Wachstum nicht gehemmt, wird von einer Kraniosynostose gesprochen, wird es jedoch gehemmt spricht man von einer Kraniosynostose (Delashaw et al. 1989).

Im klinischen Sprachgebrauch werden die Begriffe Synostose und Stenose oft synonym verwendet. Oftmals ist auch in den Studien nicht genauer differenziert. Berg et al. (1997) fordern eine Trennung, da nicht jede Synostose der Schädelnähte zu einer Stenose derselben führen muss. (Berg et al. 1997).

Nicht-Kraniosynostosen sind in der gesichteten Literatur nicht definiert – viele Autoren benutzen dennoch diese Nomenklatur (Sömmering 1791, Collmann 1988, Charité –Berlin 2003, David et al. 1982, Huang et al. 1998).

Wenn man die Kraniosynostosendefinition zugrunde legt, so sind Nicht-Kraniosynostosen zu verstehen als Schädelformveränderungen ohne frühzeitigen Schädelnahtverschluss.

Epidemiologie der Kraniosynostosen und Nicht-Kraniosynostosen

- Epidemiologie der Kraniosynostosen im Verhältnis zu den Geburten
 - 1: 2100 (Lajeunie et al. 1995)
 - 1:2000 – 1:4000 (Lima 2004 , Stephen 2001)
 - 1:2500 (Kruse Gujer et al. 2013)

- Epidemiologie der Nicht-Kraniosynostosen im Verhältnis zu den Geburten
 - 1: 1200 (Kinderchirurgie Charité – Berlin 2003 Informationsseiten)
 - 1: 60 (Graham et al. 2005 (Graham et al. 2005(2))
 - 1: 46 (Mawji et al. 2013)

Von der American-Academy of Pediatrics (amerikanischen Akademie der Pädiatrie) wurde 1992 die „Back to Sleep“-Kampagne gestartet um den plötzlichen Kindstod zu vermindern. Die Inzidenz der Plagiozephalie ist in der Zeit von 1974 bis 1996 von 1: 300 pro Geburten auf 1: 60 gestiegen (Graham et al. 2005).

4.2 Ätiologie der Schädelformauffälligkeiten

Im Bezug zum Thema der Arbeit werden die bereits von Kimonis et al. eingeteilten Syndrome ausgeschlossen (Kimonis et al. 2007 Tab.1).

Definition (Cohen 1979) – Syndrom: A symptom complex of unknown etiology, that is characteristic of a particular abnormality.

Mawji et al. (Mawji et al. 2013) geht von einem breiten Spektrum von Merkmalen und multifaktorieller Ätiologie der Plagiezephalie aus. Die Ursache die zu einer Plagiozephalie führt sei eine externe Kraft die den Kopf verformt so Mawji et al. Diese Kraft kann pränatal oder postnatal auftreten. Es ist bekannt, dass der kindliche Schädel wächst indem das Gehirn wächst und somit einen Druck auf die Schädelkalotte ausübt. Normalerweise ist das Schädelwachstum in allen Richtungen gleichmäßig. Auf einen harten Untergrund wirkt jedoch das dritte Newtonsche Gesetz: „Kräfte treten immer paarweise auf. Übt ein Körper A auf einen anderen Körper B eine Kraft aus (actio), so wirkt eine gleich große, aber entgegen gerichtete Kraft von Körper B auf Körper A (reactio).“. Also der Kopf liegt auf einem harten Untergrund und übt eine Kraft aus auf den Untergrund. Im Gegenzug wirkt der Untergrund auf den Kopf des Babies. Daher wird das Wachstum des Schädels in dem Bereich stattfinden wo am wenigsten Druck existiert. Weshalb der Kopf auf einer bestimmten Seite liegt ist unklar.

Die Ätiologie Nicht–Syndromen-zugeordneter Schädelformauffälligkeiten scheint lt. Collmann (1988) verschiedenartig.

David et al. (1982) unterscheiden :

- primäre,
- sekundäre und
- metabolische Ursachen.

4.2.1 Aufteilung nach primären, sekundären und metabolischen Ursachen

4.2.1.1 Primäre Ursachen

Unter primäre Prozesse fallen alle intrauterinen Vorgänge der Anlage- bzw. Entwicklungsstörung.

Primäre Prozesse, wie Chromosomendefekte sowie Störungen der Wachstumsanlage, führen zu direkter Fehlentwicklung der knochenbildenden Matrix.

- Die Veränderungen der Erbmasse resultieren zumeist aus Spontanmutationen, deren Prävalenz Lajeunie et al. (1995, 1996) mit 61 bis 72 % angeben.
- Seltener ist die familiäre Weitergabe. So werden nur 8 bis 14% der isolierten Koronarnahtverschlüsse und 2 bis 6 % der einfachen Sagittalnahtfusionen vererbt (Cohen: Perspectives 1986, Lajeunie et al. 1995 und 1996).
- Der Mechanismus ist gewöhnlich autosomal dominant mit inkompletter Penetranz (Lajeunie et al. 1995 und 1996).
- Die betroffenen Chromosomen sind nicht sicher identifiziert. Funktionseinschränkungen der Osteoblasten, sowie Verschiebungen der Ossifikationszentren, deuten auf Beteiligung der FGFR- und MSX2- Gene hin (De Pollack et al. 1996, Mathijssen et al. 1996).
- Fibroblast- Growth- Factor- Rezeptoren (FGFR) spielen eine wichtige Rolle bei Zellproliferation und -differenzierung im Fetalstadium und steuern postnatal die Osteogenese (Grimm / Kress 1996).
- Hingegen reguliert das Homeobox- Gen MSX2 die Apoptose einer Zellpopulation, die nach Migration aus der Neuralleiste den Ursprung zahlreicher kraniofazialer Gewebe bildet (Robin 1999).

4.2.1.2 Sekundäre Ursachen

Unter Sekundäre Ursachen fallen alle mechanischen Ursachen für Schädelformveränderungen.

Unter intrauteriner Wachstumsstörung versteht Graham et al. (1980) die Konstriktion des kindlichen Schädels durch maternale Beckenausgangsverengungen bzw. Fehllagen des Kindes in der späten Schwangerschaft.

- Die daraus folgenden Druckerhöhungen verändern die Überlappung der Suturränder und bremsen die periodische Trennung der Mikrospiculae, was nach Meinung einiger Autoren zu vorzeitiger Fusion führen kann (Burke et al. 1995, Graham et al. 1979, Graham et al. 1980, Higginbottom 1989, Koskinen – Moffett et al. 1989).
- Verminderte Expansion des Schädelinhaltes oder Störungen der Schädelbasisentwicklung können indirekt zu Nahtsynostosen führen. Sie werden als sekundäre Ursachen bezeichnet (David et al. 1982).
- Zerebrale Entwicklungsstörungen, Hirnatrophie, frühkindliche Meningitis und operative Eingriffe (z.B. chirurgische Entlastung eines Hydrozephalus) sollen den Wachstumsdruck des Gehirns verringern. Dies vermindert die Distraktion der Suturen und kann ursächlich für frühzeitige Fusionen sein (Anderson 1966).
- Moss (1959) Dysplasien der Schädelbasis basieren auf Nahtverschlüssen, wobei die Fehlbildungen über veränderte Spannungsverhältnisse der Dura und ihrer Duplikaturen auf die Kalotte übertragen werden. Greene, Persson et al., Persing et al., Albright und Byrd sowie Cohen widersprechen dieser Theorie und sehen in Basisdeformierungen nicht Ursache, sondern Folge der Synostose (zitiert bei (Cohen 1993)).

4.2.1.3 Metabolische Ursachen

Verschiedene metabolische Störungen sind ebenfalls als ätiologische Faktoren nachgewiesen (David et al. 1982).

- Hierzu gehören Hyperkalzämie, Hyperthyreose, Hyperparathyreose, Hypophosphatasie, Rachitis, Mukopolysaccharidose und Mukolipidose (Cohen: History 1986, Collmann 1988).
- Erwähnt seien auch einige teratogene Substanzen, wie die Antiepileptika Phenytoin (Diphenylhydantoin) und Valproinsäure (Dipropylelessigsäure), der Folsäureantagonist Aminopertin (Methotrexat) sowie Derivate der Vitamin-A-Säure (Retinoide). Ihre Einflüsse (strukturell und funktionell) können die Entstehung einer Kraniosynostose und damit einer Schädelformveränderung fördern (Cohen: History 1986).

4.2.2 Aufteilung nach intrauterinen und perinatalen Ursachen

Um die intrauterinen und perinatalen Schädelformauffälligkeiten systematisch darzustellen, wurde in der folgenden Tabelle eine Unterteilung der Gegebenheiten intrauterin und perinatal gewählt:

	Mütterlicherseits	Kindlicherseits
Intrauterin	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalien • Teratogene • Fruchtwasser-Probleme 	Zwillings- und Mehrlingsschwangerschaften
Perinatal	<ul style="list-style-type: none"> • Weichteilbedingte Einflüsse auf das Kopf-Becken-Verhältnis • Geburtsmechanische Regelwidrigkeiten • Hilfsmiteileinsatz 	Einflüsse der kindlichen Schädelform Geburtsmechanische Regelwidrigkeiten Hilfsmiteileinsatz

TABELLE 3 SCHÄDELFORMAUFFÄLLIGKEITEN – INTRAUTERIN/PERINATAL

4.2.3 Intrauterine Ursachen für Schädelformauffälligkeiten

4.2.3.1 Anomalien der Mutter

Die anatomischen Voraussetzungen der Mutter sind individuell unterschiedlich. Was die knöcherne Anlage der Lendenwirbelsäule und des Beckens betrifft, ist es jedoch möglich, eine Aussage über „vorteilhaft“ oder „weniger vorteilhaft“, im Hinblick auf die Geburt, zu treffen. Die Mobilität des Beckenbodens und des Weichteilrohres ist hierbei von funktioneller Wichtigkeit.

Die individuellen mütterlichen Anlagen (grobe Beckenformveränderungen ausgenommen) verhindern zwar keine normale Geburt, können aber zu Regelwidrigkeiten führen, die eine größere Druck- und Zugbelastung für den kindlichen Schädel bedeuten (Keller/Wiskott 1991, Goerke 2002, Stauber/Weyerstahl 2001).

Die folgenden Tabellen sind unterteilt in Ursachen mütterlicherseits und deren beobachtete Auswirkungen beim Kind:

Ursächliche Probleme der Mutter - intrauterin	Folgeprobleme beim Kind	Autor
Angeborene Anomalien (Uterusfehlbildungen, Beckenfehlbildungen)	Intrauterine Zwangshaltung	Keller/Wiskott (1991), Stauber/Weyerstahl 2001, Graham et al. 1980
Uterusanomalien (Uterus arcuatus, Uterus myomatosus)	Abnorme Raumverhältnisse - dadurch übermäßige oder reduzierte Beweglichkeit – z. B. Querlage	Martius /Rath (1998), Stauber/Weyerstahl 2001, Mändle et al. 2003
Körperstatikprobleme der Mutter	Becken - Gebärmutterspannungserhöhung, dadurch Lageveränderungen	Graham et al. 1980
Beckenasymmetrie	Schädeldeckeneindellungen	Keller/Wiskott (1991), Stauber / Weyerstahl 2001, Graham et al. 1980

TABELLE 4 SCHÄDELFORMAUFFÄLLIGKEITEN INTRAUTERIN

4.2.3.2 Teratogene

Dank des genauen embryologischen Wissensstandes ist bekannt, dass besonders in den ersten drei Lebensmonaten (Embryonalphase) alle Bestandteile des menschlichen Körpers angelegt werden. Danach ist das Wachstum dieser Anlagen die Aufgabe dieser intrauterinen Zeitspanne (Fetalperiode) bis zur Geburt (Moore 1996)

Teratogenetische Grundsätze (allgemeines Wissen):

- Wenn die Entwicklung einer Organanlage abgeschlossen ist, kann eine Fehlbildung in derselben nicht mehr erfolgen
- Je schwerer die Fehlbildung desto frühzeitiger ist diese entstanden
- Fehlbildungen entstehen phasen- und noxenspezifisch.

In der Embryonalphase können Fehlbildungen und Embryopathien induziert werden. In der nachfolgenden Fetalperiode können teratogene Noxen nur noch Wachstumsstörungen und zerebrale Störungen hervorrufen.

Besonders großen Einfluss haben deshalb Teratogene in den ersten drei Monaten nach der Befruchtung der Eizelle. Häufig wird die Schwangerschaft auch nicht gleich bemerkt, so dass die Frauen oft erst in der 4. - 6. SSW von ihrer Schwangerschaft durch Tests bzw. durch eine gynäkologische Untersuchung erfahren. In dieser Zeitspanne der Unwissenheit erfolgt der Einfluss von teratogene Substanzen wie z. B. Alkohol, Strahlen.... , nach dem jeweiligen Lebenswandel der Frauen, ungefiltert durch „Nichtwissen“ der Mütter als Einflussfaktoren auf die embryonale Entwicklung des Kindes. Bei starken Veränderungen wird häufig die Chromosomeninformation durch die Teratogene geändert, und es entstehen später sogenannte „Syndrome“. Über die geringe teratogene Wirkung lässt sich im Grunde keine genaue Angabe machen, da sie nie erfragt wird, und wenn, ist die Zeitspanne/ der Abstand (in jedem Falle nach der Geburt, wenn nicht erst im Kindes- oder Jugendalter) so groß, dass die Aussagen zur Ursachenforschung nicht mehr ausreichen.

Die Ursachen pränataler exogener Schäden lassen sich in fünf Hauptgruppen einteilen (Niessen (1993)):

1. Intrauterine Infektionen
2. Mütterliche Stoffwechselerkrankungen
3. Ionisierende Strahlen
4. Medikamente, Chemikalien und Genussgifte
5. Amniogene

Zu 1. Intrauterine Infektionen lassen sich wie folgt einteilen:

Ursächliche Probleme der Mutter - intrauterin	Folgeproblematik beim Kind	Autor
Rötelembyopathie bzw. Rötelinfection	Hydrocephalie und intrakranielle bzw. zerebrale Verkalkungsherde	Niethard 1997 Sitzmann 1995 Keller/Wiskott 1991 Bette et al. 1991
TORCH-Infektionen – siehe Definitionsverzeichnis	intrakranielle bzw. zerebrale Verkalkungsherde und Hydrocephalien	Moore 1885 Martius/Rath 1998 Rüppel et al. 1998 Mändle et al. 2003
Zytomegalie	Knochenveränderungen	Niethard 1997 Sitzmann 1995 Bette et al. 1991 Keller/Wiskott 1999
Herpes-simplex-Virus und Treponema pallidum	Embryonale Entwicklungsstörungen	
bakterielle, virale oder parasitäre Erkrankungen der Mutter	Gefäßbettveränderung der Mutter - führt zu Oligohydramnion, dadurch zur intrauterinen Wachstumsretardierung	Mändle et al. 2003

TABELLE 5 INTRAUTERINE INFEKTIONEN

Zu 2. Mütterliche Stoffwechselerkrankungen werden wie folgt beschrieben:

Ursache: Probleme der Mutter – intrauterin	Folgeprobleme beim Kind intrauterin	Autor
<ul style="list-style-type: none"> Mütterliche Stoffwechselsituation beim Diabetes mellitus oder Folge der bereits eingetretenen diabetischen Veränderungen 	Folge der bereits eingetretenen diabetischen Veränderungen – wie Großwuchs / intrauteriner Platzmangel, postpartal Hypoglycämie	Mändle et al. 2003 Niessen 1993 Pfeleiderer 2000 Rüppel et al. 1998 Bloomfield FH, van Zijl PL, Bauer MK, et al. 2002

TABELLE 6 MÜTTERLICHE STOFFWECHELERKRANKUNGEN

Zu 4. Medikamente, Chemikalien und Genussgifte

WHO Definition

Laut WHO Definition aus Martius/Rath 1998 sind im Sinne dieser Definition folgende Substanzen für den Menschen teratogen:

1. Thalidomid
2. androgene Hormone
3. Aminopterin, Methotrexat (Folsäureantagonisten)
4. Alkohol (Alkoholabusus)
5. Vitamin A in hohen Dosen (über 25000 – 50000 IE täglich)
6. Retinoide (Vitamin-A-Säure-Derivate): Etreinat (in der roten Liste 1996 nicht mehr vertreten)
7. Acitretin

Neben diesen für Menschen teratogen wirkenden Substanzen gibt es eine Reihe von Pharmaka, von denen angenommen werden muss, dass sie das Risiko erhöhen, ein Kind mit Anomalien im Sinne der Definition von Teratogenität zur Welt zu bringen :

1. Antiepileptika
2. orale Antikoagulanzen (Cumarine, Dicumarine)
3. weibliche Sexualhormone
4. Clomifen
5. Lithium
6. Thyreostatika
7. Jodide (ausgenommen Jodprophylaxe, Jodsubstitution)
8. Streptomycin
9. Dihydrostreptomycin
10. Antimalariamittel (Chinin, Chloroquin, Mefloquin)
11. Zytostatika und Quecksilber (organische Quecksilberverbindungen)

In einer weiteren Gruppe werden Substanzen beschrieben, die möglicherweise teratogene Effekte entfalten und / oder im Tierexperiment Fehlbildungen induzieren:

1. Salicylate
2. Benzodiazepine
3. Meprobamat
4. Antihistaminika
5. Antimykotika
6. Gestagene / Östrogene
7. Amphetamine
8. Tetracycline
9. Sulfonamide
10. Chloramphenicol / Thiamphenicol
11. Isoniazid
12. Rifampicin

13. Glucocorticoide
14. Penicillamin
15. Codein
16. Pyrimethamin
17. orale Antidiabetika
18. Blei (neuroteratogen wirkend)
19. Cadmium

Zu 5. Amniogen

Dazu ist eine syndromale Einordnung von verschiedenen Autoren beschrieben – siehe Ätiologie der Kraniosynostosen – Nicht-Kraniosynostosen.

4.2.3.3 Fruchtwasserprobleme

Fruchtwasserprobleme können mannigfaltige Ursachen haben.

Zu wenig Fruchtwasser führt zu einer intrauterinen Zwangshaltung mit der Folge von Schädelformveränderungen und in deren Folge wiederum zu einem regelwidrigen Geburtsverlauf (Keller/Wiskott (1991), Mändle et al. (2003), Stegner (1999), Rüppel et al. (1998), Stauber / Weyerstahl (2001), Goerke (2002)).

Zu viel Fruchtwasser dagegen führt zu einer Überbeweglichkeit des Foeten und bedingt dadurch wiederum intrauterine Lageanomalien (Keller/Wiskott (1991), Mändle et al. (2003), Stegner (1999), Rüppel et al. (1998), Stauber/Weyerstahl (2001), Goerke (2002)).

Littlefield et al. (Littlefield et al. 2008) und Vlimmeren et al. (von Vlimmeren et al. 2004) sehen in Mangel oder Überfluss des Fruchtwassers eine mögliche Grundlage für plagiozephe Schädelformauffälligkeiten.

Übersichtstabelle über Fruchtwasserprobleme und die jeweiligen Beobachtungen beim Kind:

Fruchtwasserproblem als Ursache für regelwidrige Geburtsabläufe	Beobachtungen beim Kind	Autor
Fruchtwasserprobleme (Oligohydramnion / Übertragung)	intrauterine Zwangshaltung dadurch Schädelformveränderungen	Keller/Wiskott (1991), Stauber/ Weyerstahl (2001), Goerke (2002)
Durch das entstehende Oligohydramnion bei Mehrlingsschwangerschaften	Intrauterine Zwangshaltung und Lage-, Haltungs- und Einstellungsanomalien	Mändle et al. (2003), Stegner(1999), Stauber/Weyerstahl (2001), Goerke (2002)
Hydramnion durch erhöhte osmotische Diurese bei fetaler Makrosomie	sich entwickelndes Hydramnion / Querlage	Mändle et al. 2003, Rüppel. et al. 1998, Pfleiderer 2000,Stauber/Weyerstahl (2001), Goerke (2002)
Oligohydramnion	Beckenendlage	Martius/Rath 1998, Rüppel et al. 1998, Pfleiderer 2000, Sitzmann 1995, Martius/Heidenreich 1999

TABELLE 7 FRUCHTWASSERPROBLEME UND FOLGEPROBLEMATIK

4.2.3.4 Zwillings- und Mehrlingsschwangerschaften

Es besteht Konsens (Martius/Rath (1998), Niessen (1993), Pfeiderer (2000), Stauber/Weyerstahl (2001), Martius/Heidenreich (1999), Goerke (2002)) in der Gynäkologie und Perinatologie, dass bei Zwillings – und Mehrlingsschwangerschaften eine höhere Inzidenz intrauteriner Zwangshaltung und Platzproblematik, vor allem ab der Hälfte der Schwangerschaft, besteht. Der bzw. die Körper und Anhangsgebilde der „Mitbewohner“ können Verformungen beim anderen verursachen. Durch den Faktor Zeit - bei dem es sich, im Gegensatz zur Geburt, nicht nur um Stunden handelt - sind diese Formveränderungen für den kindlichen Körper keine momentanen Auffälligkeiten, sondern die Grundbedingung zum weiteren Wachstum.

Littlefield et al. (Littlefield et al. 2008) und Vlimmeren et al. (von Vlimmeren et al. 2004) schließen sich der Meinung an, dass große Föten oder Mehrlingsschwangerschaft ursächlich für eine Plagiozephalie sein können.

Überblickstabelle: Problematik am Kind und die Folgeproblematik, die Schädelformauffälligkeiten verursachen kann.

Ursächliche Problematik am Kind	Folgeproblematik, die Schädelformauffälligkeiten verursachen kann	Autor
Zwillings- oder Mehrlingsschwangerschaft	Die intrauterine Zwangshaltung, die gegenüber der normalen Schwangerschaft stark verstärkt ist.	Keller / Wiskott (1991), Mändle et al. (2003), Stegner (1999), Steilner et al. (1999), Martius/Heidenreich (1999), Pfeiderer (2000), Martius/Rath (1998),
Mehrlingsschwangerschaften Zwillingstransfusionssyndrom	Das zwangsweise entstehende Oligohydramnion vermehrt die intrauterine Zwangshaltung	Mändle et al. (2003), Stegner (1999), Stauber/Weyerstahl (2001), Goerke (2002)

TABELLE 8 PROBLEMATIK KIND – FOLGEPROBLEMATIK SCHÄDELFORM

4.2.4 Perinatale Ursachen für Schädelformauffälligkeiten

4.2.4.1 Parietale und weichteilbedingte Ursachen

Die folgenden Tabellen sind unterteilt in Ursachen mütterlicherseits und deren beobachtete Auswirkungen beim Kind.

Beckenanomalien der Mutter und Folgebeobachtungen beim Kind:

Beckenanomalien – ursächliche Problematik bei der Mutter	Folgebeobachtung beim Kind perinatal	Autor
Plattes Becken	Becken Gesichtslage	Mändle et al. (2003), Martius/Heidenreich (1999)
	Scheitelbeineinstellung	Mändle et al. (2003), Martius/ Heidenreich (1999), Stegner (1996)
	Hoher Gradstand	Mändle et al. (2003)
Männliches Becken	Gesichtslage	Mändle et al. (2003), Stegner (1996)
Enges Becken	Stirnlage	Martius/Heidenreich (1999), Mändle et al. (2003), Stegner (1996)
Querverengtes Becken	Gesichtslage	Martius/Heidenreich (1999) Mändle et al. (2003) Stegner (1996)
Androide Beckenform	Hinterhauptlage (HHL)	Mändle et al. (2003) Martius/Heidenreich (1999)
Ungünstige Beckenform	Tiefer Querstand	Mändle et al. (2003)
	Beckenendlage	Mändle et al. (2003), Pfleiderer (2002), Rüppel et al. (1998)
Platt – rachitisches Becken	Scheitelbeineinstellung	Mändle et al. (2003),

Beckenanomalien – ursächliche Problematik bei der Mutter	Folgebeobachtung beim Kind perinatal	Autor
		Martius/ Heidenreich (1999), Steilner et al.(1999)
Langes Becken (Kirchhoff – Becken)	Scheitelbeineinstellung	Mändle et al. (2003), Martius / Heidenreich (1999), Steilner et al. (1999)
	Hoher Gradstand	Mändle et al. (2003)
Allgemein verengtes Becken	Hoher Gradstand	Mändle et al. (2003) Littlefield et al. (2008) Vlimmeren et al. (2004)

TABELLE 9 BECKENANOMALIEN – FOLGEN PERINATAL**Wichtige Beckenmasse des „normalen Beckens“**

Wichtige Beckenmasse (Mändle et al. 2003):

-----Durchmesser in cm-----

	gerade	schräg	quer	Form
Beckeneingang	11	12,5	13	queroval
Beckenmitte	13	13	13	rund
Beckenausgang	9,5 - 12		11	längsoval

**TABELLE 10 BECKENMASSE DES „NORMALEN BECKENS“ – MÄNDLE
2003**

Formanomalien des Beckens, ihre Pathogenese und die zu beobachtenden geburtsmechanischen Adaptationsmechanismen

Beckenform = Formale Pathogenese	Geburtsmechanische Adaptation günstig	Ungünstig
Allgemein verengtes Becken (Kleinwuchs, Infantilismus, Virilismus)	Roederer-Kopfhaltung	Hoher Gradstand, Deflexion
Plattes Becken (Rachitis, Osteomalazie)	Vordere Scheitelbeineinstellung, leichte Deflexion	Hintere Scheitelbeineinstellung
Quer verengtes Becken (Infantilismus, Virilismus, Robert-Becken)	Roederer-Haltung	Hoher Gradstand
Schräg verengtes Becken (Klaudikations-, Koxitis, Luxations-, Skoliosebecken)	Weitständige Einstellung	Engständige Einstellung
Langes Becken (Assimilationsbecken)	Vordere Scheitelbeineinstellung	Hintere Scheitelbeineinstel- lung, hoher Gradstand, Beckenmittenquerstand
Längs verengtes Trichterbecken (Steilstellung des Kreuzbeines, enger Schambogen, Steißbeinankylose)	Keine	Tiefer Querstand
Quer verengtes Trichterbecken (Drehung der Kreuzbeinbasis nach dorsal, einspringende Spinae ischiadicae bzw. Tuber ischiadica)	Sagittalisasynklitismus	Tiefer Querstand

TABELLE 11 FORMANOMALIEN DES BECKENS - GEBURTSMECHANIK

Weichteilanomalien der Mutter und Folgebeobachtungen beim Kind:

Ursächliche Weichteilanomalien der Mutter	Folgebeobachtungen beim Kind perinatal	Autor
Spastisches unteres Uterinsegment	Gesichtslage	Martius/Heidenreich (1999), Mändle et al. (2003), Pfeiderer (2000)
Tiefsitzende Myome	Gesichtslage	Martius/Heidenreich (1999), Mändle et al. (2003), Pfeiderer (2000)
	Beckenendlage	Pfeiderer (2000), Rüppel et al. (1998), Mändle et al. (2003)
	hoher Gradstand	Mändle et al. (2003)
	Querlage	Mändle et al. (2003), Stegner (1996)
Myome	HHL durch Rotationsbehinderung	Mändle et al. (2003), Martius / Heidenreich (1999)
	Querlage	Mändle et al. (2003), Stegner (1996)
Geringe Weichteilwiderstände bei Mehrgebärenden	Tiefer Querstand	Mändle et al. (2003)
Uterine Fehlbildungen (Uterus duplex, arcuatus, unicornis oder bicornis)	Beckenendlage	Pfeiderer (2000), Mändle et al. (2003), Rüppel et al. (1998)

TABELLE 12 WEICHTEILANOMALIEN(MUTTER) – FOLGEBEOBACHTUNGEN(KIND)

Zu den einzelnen perinatalen Lagen, Haltungen, Stellungen und Einstellungen sind in der bewerteten Literatur keine Angaben über Zusammenhänge zu späteren Schädelformauffälligkeiten zu finden.

Littlefield et al. (2008) und Vlimmeren et al. (2004) beschreiben sogar weitere plagiozephaliebegünstigende Faktoren, wie einen erhöhter abdominaler oder uteriner Muskeltonus, eine Verlängerte Austreibungsphase, seltene Geburtsposition und die Erstgeburt.

4.2.4.2 Einflüsse der intrauterinen Schädelform des Kindes auf die Geburt

Schon die Schädelformen, die noch als normal bezeichnet werden, können, geburtsmechanisch betrachtet, eine Ursache für regelwidrige Geburten sein (Mändle et al. 2003, Pfeleiderer 2000, Stegner 1996, Steilner et al. 1999).

Besonders bei Zwillingen oder Mehrlingen ist die Schädelform den äußeren räumlichen Einflüssen in utero angepasst – und beeinflusst unter anderem auch dadurch das Kopf- Becken-Verhältnis.

Martius/Heidenreich (1999) beschreiben, dass die Geburt mit Einwirkung massiver Kräfte (anhaltende Druckunterschiede und plötzliche Druckänderungen, Kompression, Hindernisse, Zwangsstellungen, Schereffekte usw.) auf den kindlichen Schädel verbunden ist.

Sicherlich spielen die Kopfform und die Kopfgröße des Kindes in Relation zu den Beckenverhältnissen eine große Rolle, sie sind ausschlaggebend für den Geburtsverlauf (Mändle et al. 2003, Pfeleiderer 2000, Stegner 1996, Steilner et al. 1999). Eine Störung dessen, die sich als Regelwidrigkeit darstellt, hat meist Anomalien des Kindes in Form von zu großem Kopf, für die Passage ungünstigen Kopfformen oder Fehlbildungen als Ursache.

Nach den geburtsmechanischen Gesetzmäßigkeiten passt sich der kindliche Kopf unter der Geburt den Bedingungen des Beckens an (Gauss'sches Gesetz des kleinsten Zwanges) (Mändle et al. 2003, Sergueef 1995, Upledger 2000, Upledger 1996). Die Kopfform spielt dabei eine große Rolle. Die Schädelknochen sind je nach Einstellung und Platzverhältnissen unter der Geburt mehr oder weniger übereinander geschoben (konfiguriert), ansonsten liegen sie beweglich nebeneinander (Mändle et al. 2003, Martius/Heidenreich 1999, Martius/Rath 1998).

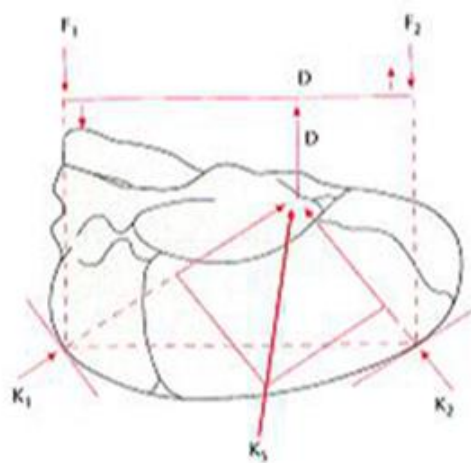
Zwischen 1,5 und 2 cm Verringerung des Querdurchmessers wird von Sergueef (1995) als Verformung bei der Geburt angegeben.

Klaffende Nähte findet man im Zusammenhang mit einem vergrößerten Kopfumfang (Hydrozephalus)(Mändle et al. 2003).

Bestimmte Fehlbildungen oder Erkrankungen des Kindes können ein primäres Missverhältnis darstellen (Mändle et al. 2003). Genannt sind: Hydrozephalus, Hygroma colli, polyzystische Veränderungen im Gesichts-, Hals-beziehungsweise Schulterbereich und Zelenbildung (Omphalozenen u.a.).

So zeigen die eingezeichneten Kraftwirkungslinien eindeutig, wo die einzelnen Hebelwirkungen und Kraftlinien verlaufen – was wiederum Vermutungen über die Auswirkungen der einzelnen Kräfte zulässt.

Darstellung der Krafteinwirkungen auf den kindlichen Schädel bei der Geburt
Dolichocephaler Kopf nach Martius/Rath 1998



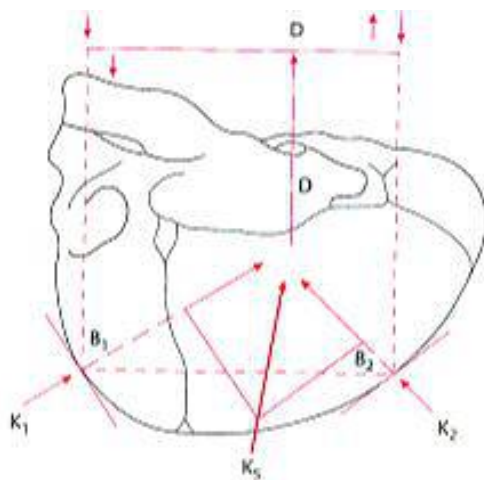
K1 und 2 = Krafrichtung des
Widerstandes im Geburtskanal

K5 = resultierende Krafrichtung, die
das Hinterhaupt zurückhält

F1 und F2 = intrauterine
Druckerhöhung

ABBILDUNG 13: KRAFTEINWIRKUNG SCHÄDEL – DOLICHOZEPHALER KOPF MARTIUS/RATH 1998

Brachycephaler Kopf nach Martius/Rath 1998



K1 und K2 = Krafrichtung des
Widerstandes im Geburtskanal

K5 = resultierende Widerstandskraft

F1 und F2 = intrauterine Druckerhöhung

D = Drehpunkt für die Haltungsänderung

B1 und B2 = Ansatzpunkte des
Weichteilwiderstandes K1 und K2

ABBILDUNG 14: KRAFTEINWIRKUNG SCHÄDEL – BRACHYZEPHALER KOPF MARTIUS/RATH 1998

Kopfformen und ihre Beobachtungen

Die drei häufigsten morphologischen Varianten des kindlichen Kopfes werden von Mändle (Mändle et al. 2003) im Hinblick auf den Geburtsvorgang beschrieben:



ABBILDUNG 15:
DOLICHOZEPHALUS ©KLEEMANN
2015

Der Langschädel - Dolichocephalus - (Abb. 15) ist die häufigste Kopfform. Er ist lang und schmal und verjüngt sich zum Hinterhaupt hin. Um mit dem kleinsten Planum (Fläche) den Geburtsweg zu überwinden, muss er in die Beugung übergehen (Mändle et al. 2003).

Der Kurzschädel – Brachycephalus (Abb. 16): Bei dieser, auch als Rundkopf bezeichneten Form, sind die hohe Stirn und das flache Hinterhaupt typisch. Der Kurzschädel stellt sich durch eine leichte Streckung mit dem Vorderhaupt ein (Mändle et al. 2003).



ABBILDUNG 16: BRACHYZEPHALUS
©KLEEMANN 2015



ABBILDUNG 17: TURRIZEPHALUS
©KLEEMANN 2015

Der Turmschädel – Turricephalus – (Abb. 17) wird auch als hochköpfig (hypsicephal) bezeichnet. Er führt keine Haltungsänderung durch, sondern stellt sich mit dem Scheitel ein und passiert so den Geburtsweg (Mändle et al. 2003).

Wichtige Kopfmaße des „normalen Schädels“ bei der Geburt nach Mändle et al. 2003):

Durchmesser = Diameter	Maße in cm	Wo werden sie gemessen	Umfänge = Circumferentis	Maße in cm	Entsprechen de Ebene = Planum
D. mentooccipitalis großer schräger Durchmesser	14	Vom Kinn zur entferntesten Stelle des Hinterhaupts	C. mento- occipitalis	39	P. mento- occipitale
D. frontooccipitalis gerader Durchmesser	12	Von der Glabella zum Hinterhaupt	C. fronto- occipitalis (Hutmaß)	35	P. fronto- occipitale
D. suboccipito- bregmaticus kleiner schräger Durchmesser	10	Von der Nackenhaargren- ze zur großen Fontanelle	C. suboccipito- bregmatica	33	P. suboccipito- bregmaticum
D. biparietalis großer querer Durchmesser	9,5	Größte Entfernung der Scheitelbein- höcker			
D. bitemporalis kleiner querer Durchmesser	8,5	Weiteste Entfernung zwischen rechtem und linkem Schenkel der Kranznaht			

**TABELLE 13 KOPFMAßE DES „NORMALEN SCHÄDELS“ BEI DER GEBURT
MÄNDLE 2003**

Nur wenige Autoren haben sich mit der Geburtsmechanik im Hinblick auf die intrauterine Schädelform befasst. Weitere Aussagen in tabellarischer Übersicht

Geburtsmechanik durch die verschiedenen intrauterinen Kopfformen:

Kopfform des Kindes intrauterin	Beobachtung der Geburtsmechanik	Autor
Brachyzephalus	Roederer-Kopfhaltung	Martius/Heidenreich (1999)
	Vorderhauptslagen	Martius/Heidenreich (1999)
	HHL	Mändle et al. (2003)
	Querstand	Mändle et al. (2003)
Turrizephalus	Scheitellage	Mändle et al. (2003)
Hydrozephalus	Roederer-Kopfhaltung	Martius/Heidenreich (1999)
	HHL	Mändle et al. (2003)
	Scheitelbeineinstellung	Mändle et al. (2003), Upledger (1996)
	hoher Gradstand	Mändle et al. (2003)
Hyperdolichocephalie	Stirnlage	Martius/Heidenreich (1999), Mändle et al. (2003)
	Gesichtslage	Martius/Heidenreich (1999), Mändle et al. (2003)
	HHL	Mändle et al. (2003)
	Scheitelbeineinstellungen	Mändle et al. (2003), Upledger (1996)

TABELLE 14 GEBURTSMECHANIK UND DIE VERSCHIEDENEN KOPFFORMEN

4.2.5 Hilfsmiteileinsatz

Durch den Einsatz der Hilfsmittel Saugglocke und Zange bei der Geburt wird, durch die jeweiligen Druck- und Zugkräfte, der kindliche Schädel extremen Belastungen ausgesetzt, was sogar zu Blutungen und Frakturen führen kann.

In der manuellen Medizin fällt, im Hinblick auf spätere Asymmetrien, immer wieder der Einsatz von Extraktionshilfen auf, aber er ist statistisch nicht belegt (Biedermann 1999).

Der Frage nach Läsionen der Schädelknochen durch den Unterdruck der Saugglocke ist Endl 1975 nachgegangen. Er hat bei zwei Kollektiven, von je ca. 100 Neugeborenen nach Spontangeburt bzw. Saugglockenentbindungen, Röntgenaufnahmen des Schädels anfertigen lassen (Rütt 1982).

Er fand im Kollektiv der

- Vakuum-Entbundenen
 - 2 Frakturen,
 - 26 Ossifikationsstörungen und
 - 7 Elevationen von Schädelknochen,

bei den

- Spontangeburt dagegen
 - 18 Ossifikationsstörungen,
 - 0 Frakturen und
 - 0 Elevationen

(Rütt 1982).

Fraglich blieb jedoch, ob die gestörte Verknöcherung des Scheitelbeins wirklich auf den Einsatz der Saugglocke zurückzuführen ist. Die Kranznaht und die Lambdanaht waren bei den Vakuumextraktionen um 0,2 bis 0,5 mm breiter als bei den Spontangeburt (Rütt 1982).

Bei der Zangenentbindung gibt Rüppel (Rüppel et al. 1998) Schädelbrüche durch den Druck und Zug mit der Zange an. Sergueef (1995) dagegen reicht der Druck bei der Anwendung der Zange schon aus, um eine Dysfunktion zu bekommen.

Sergueef (1995) beschreibt bei Einsatz eines Vakuums (der Saugglocke) eine Membrandehnung und intraossale Dysfunktionen.

Des Weiteren kommt es bei Saugglocken- und Zangengeburt vermehrt zu Kephalhämatomen (Rüppel et al. 1998).

Auch Liem (2001) beschreibt eine mögliche Verkeilung des Keilbeins mit dem Hinterhaupt durch den Zangeneinsatz und dadurch die Kompression im Bereich der SSB.

Die Geburt – Zusammenspiel der Anatomie

Die Geburt ist ein Zusammenspiel vom kindlichen Kopf zum mütterlichen Becken. Mändle et al. beschreibt 2003 wichtige Durchschnittskopfmaße bei der Geburt:

Der Darstellung des regelrechten geburtsmechanischen Ablaufes wurden die Begriffe „Haltung“, „Einstellung“, „Poleinstellung“ und „Lage“ zugrunde gelegt (Martius/Heidenreich 1999).

Lage	Die Lage bezieht sich auf die Längsachse des Kindes im Verhältnis zur Längsachse der Gebärmutter. Drei Lagen werden unterschieden (Rüppel et al. 1998). Verhältnis der Längsachse des Kindes zu der seiner Mutter (Pfleiderer 2000).
Stellung	Die Stellung des Kindes bezieht sich auf die Lage des kindlichen Rückens (von der Mutter aus gesehen) (Moore 1985). Das Verhältnis des kindlichen Rückens (bzw. des Hinterhauptes) zur Innenwand des Geburtskanals; <ul style="list-style-type: none"> • Linke Seite = 1. Stellung; • Rechte Seite = 2. Stellung; • Rücken schräg vorn: a; • Rücken schräg hinten: b. (Pfleiderer 2000)
Haltung	Die Haltung bezeichnet die Beziehung der kindliche Teile zueinander. Sie gibt vor allem die Beziehung des Kopfes zum Rumpf an. Die Haltung des Kopfes kann sein: <ul style="list-style-type: none"> • indifferent (beide Fontanellen auf gleicher Höhe) • gebeugt (flektiert, kleine Fontanelle führt) • gestreckt (deflektiert, große Fontanelle führt)
Einstellung	Die Einstellung ist die Beziehung des vorangehenden Teils zum Geburtsweg. Es ist derjenige Abschnitt des vorangehenden Teils „eingestellt“, auf den der Finger bei der vaginalen Untersuchung in

	<p>Führungslinie stößt, d. h. der führende Abschnitt ist eingestellt. (Mändle et al. 2003)</p> <p>Die Einstellung des Kopfes richtet sich nach seiner Haltung. Es resultieren also:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HinterhauptEinstellung (Leitstelle = kleine Fontanelle) • Scheiteleinstellung (Leitstelle = Pfeilnaht) – Bild I • VorderhauptEinstellung (Leitstelle = große Fontanelle) – Bild II • Stirneinstellung (Leitstelle = große Fontanelle, Stirnnaht) – Bild III • Gesichtseinstellung – Bild IV
--	---

TABELLE 15 DARSTELLUNG: HALTUNG, EINSTELLUNG, POLEINSTELLUNG U. LAGE – MARTIUS/HEIDENREICH 1999

Damit ergeben sich zugleich die folgenden Möglichkeiten geburtsmechanischer Anomalien: Haltungsanomalien, Einstellungsanomalien, Poleinstellungsanomalien und Lageanomalien.

Für die prognostische Bewertung der einzelnen Anomalien ist zu beachten, dass ein von der Norm abweichender geburtsmechanischer Ablauf keineswegs immer mit einem ungünstigen Geburtsverlauf gleichgesetzt werden darf (Martius/Heidenreich 1999)!

Bei vielen geburtsmechanischen Anomalien handelt es sich vielmehr um den Versuch des Kopfes bzw. Rumpfes, insbesondere bei einer von der Norm abweichenden Kopfform, sich an den Geburtskanal anzupassen. Ein charakteristisches Beispiel ist der zur Geburt mitgebrachte Turmschädel, der günstiger in Scheitellage als in Hinterhauptslage geboren wird (Martius/Heidenreich 1999, Mändle et al. 2003).

Sergueef (1995) beschreibt, dass bei der Scheitel- und Stirnlage die Anpassung des Kopfes durch ein Übereinanderschieben der Schädeldeckenknochen geschieht.

Bei anderen geburtsmechanischen Anomalien handelt es sich um die Anpassung des Kindes an abnorme Raumverhältnisse im Geburtskanal. Dies zeigt

beispielhaft die Roederer-Kopfhaltung bei einem spastisch verengten unteren Uterinsegment (z.B. bei einer spastischen Zervixdystokie) oder auch einem allgemeinverengten Becken (Martius/Heidenreich 1999, Mändle et al. 2003).

Der Versuch einer entsprechenden ursächlichen Deutung einer geburtsmechanischen Anomalie darf nicht unterlassen werden, da er für die Aussage über den weiteren Geburtsverlauf und damit für die Entscheidung über das geburtshilfliche Vorgehen von erheblicher Bedeutung sein kann (Martius/Heidenreich 1999).

Für die Beurteilung der Haltung ist im Verlauf der Geburt der Höhenstand des Kopfes zu berücksichtigen, da sich auch unter normalen Bedingungen die Haltung mit dem Tiefertreten des Kopfes ändert (Martius/Heidenreich 1999, Mändle et al. 2003, Stegner 1996, Steilner et al. 1999, Pfeleiderer 2000).

Bei Beckenendlage entwickelt sich der Schädel in der Regel, der Uteruskurvatur folgend, eiförmig nach hinten ausgezogen (Keller/Wiskoff 1991). Eine schiefe Einstellung des Schädels im kleinen Becken hat eine mehr oder weniger ausgeprägte Gesichts- bzw. Kieferasymmetrie zur Folge (Keller/Wiskoff 1991, Biedermann 1999).

Die Nase ist meist plattgedrückt und schief. Auf der „konvexen“ Seite entsteht unter oder nach der Geburt öfter ein Kephalhämatom, auf der „konkaven“ ein Hämatom des M. sternokleidomastoideus (Keller/Wiskott 1991).

Durch den starken Druck, den die Weichteile unter der Geburt auf den kindlichen Kopf ausüben, verschieben sich die Schädelknochen gegeneinander, wobei die Scheitelbeine nach oben ausweichen. Die Umformung (Konfiguration) führt zu einer Verkleinerung der Circumferentia frontooccipitalis um 0,25 bis 0,5 cm (Mändle et al. 2003). Zwischen 1,5 und 2 cm Verringerung des Querdurchmessers wird von Sergueef (1995) als Verformung bei der Geburt angegeben.

Bei der Gesichtslage leisten die Gesichtsknochen der Kompression größeren Widerstand; so kommt es häufig zu Ödemen, verformt werden in diesem Fall das Os frontale, Os parietale und Os occipitale (Sergueef 1995).

4.2.5.1 Geburtsmechanische Regelwidrigkeiten

Bei den geburtsmechanischen Regelwidrigkeiten fällt auf, dass sie einer Anpassung an die anatomischen Voraussetzungen mütterlicherseits und kindlicherseits an die geburtlichen Umstände entsprechen.

Die geburtsmechanischen Regelwidrigkeiten werden verschiedenen Beckenetagen zugeordnet (Martius/Heidenreich 1999, Martius/Rath 1998):

1. im Beckeneingang
2. in der Beckenhöhle
3. im Beckenausgang

Zu 1. im Beckeneingang

Regelwidrigkeit	Ursachen
Hochstand des Kopfes	<ul style="list-style-type: none"> • bei Mehrgebärenden physiologisch • spastisches unteres Uterinsegment • enges Becken • hoher Gradstand des Kopfes • Armvorfall • Placenta praevia
Regelwidriger Pfeilnahtverlauf	<ul style="list-style-type: none"> • im geraden Durchmesser = hoher Gradstand • im schrägen Durchmesser mit b-Stellung (passagere Streckhaltung, hintere Hinterhauptslage)
Asynklitischer Pfeilnahtverlauf	<ul style="list-style-type: none"> • vordere Scheitelbeineinstellung • hintere Scheitelbeineinstellung (unphysiologisch nach Wehenbeginn, verstärkter Asynklitismus bei spastischem unteren Uterinsegment und bei plattem Becken)
Regelwidriger Fontanellenstand	<ul style="list-style-type: none"> • vorzeitige Beugung = Roederer Kopfhaltung • Streckung: beginnende Streckhaltung (nachfolgende VHL, Stirnlage oder Gesichtslage)

**TABELLE 16 GEBURTSMECHANISCHE REGELWIDRIGKEITEN IM
BECKENEINGANG – MARTIUS/HEIDENREICH 1999**

Zu 2 in der Beckenhöhle:

Regelwidrigkeit	Ursachen
Drehung der Pfeilnaht durch den entgegengesetzten schrägen Durchmesser (= bei 1. Stellung durch den 2., bei 2. Stellung durch den 1. schrägen Durchmesser)	<ul style="list-style-type: none"> • Streckhaltung • Hintere HHL
Persistierender Beckenmittenquerstand	Makrosomie des Kindes Kanalbecken

TABELLE 17 GEBURTSMECHANISCHE REGELWIDRIGKEIT IN DER BECKENHÖHLE – MARTIUS/HEIDENREICH 1999

Zu 3 im Beckenausgang:

Regelwidrigkeit	Ursachen
Regelwidriger Pfeilnahtverlauf	<ul style="list-style-type: none"> • tiefer Schrägstand (meist passager) • tiefer Querstand (Folge der ausgebliebenen Beugung) • tiefer Sagittalasyklitismus • innere Überdrehung (Pfeilnahtverlauf im entgegengesetzten schrägen Durchmesser zur dorso-posterioren Einstellung)
Regelwidriger Fontanellenstand	<ul style="list-style-type: none"> • Scheitellage • Vorderhauptslage • Stirnlage • Gesichtslage

TABELLE 18 GEBURTSMECHANISCHE REGELWIDRIGKEIT IM BECKENAUSGANG – MARTIUS/HEIDENREICH 1999

Der Darstellung des regelrechten geburtsmechanischen Ablaufes wurden die Begriffe „Haltung“, „Einstellung“, „Poleinstellung“ und „Lage“ zugrunde gelegt (Martius/Heidenreich 1999). Damit ergeben sich zugleich die folgenden Möglichkeiten geburtsmechanischer Anomalien:

Haltungsanomalien, Einstellungsanomalien, Poleinstellungsanomalien und Lageanomalien.

Daten der Haltungs- und Einstellungsanomalien

Wichtige geburtsmechanische Daten der Haltungs- und Einstellungsanomalien

	Scheitel- lage	Vorder- hauptslage	Stirnlage	Gesichtslage	Hintere Hinter- hauptslage
Voran- gehender Teil	Pfeilnaht	große Fontanelle	Stirn	Gesicht	Kleine Fontanelle
Kopfumfang	Circum- ferentia Fronto- occipitalis	Circum- ferentia Fronto- occipitalis	Circum- ferentia Maxillo- parietalis bzw. Zygomatico- parietalis	Circum- ferentia Tracheo- parietalis	Circum- ferentia suboccipito- bregmatica
Hypomochlion	Stirn-Haar- Grenze	Stirn	Oberkiefer bzw. Jochbein	Hals im Bereich des Kehlkopfes	große Fontanelle
Abbiegung	erst Beugung, dann Streckung	erst Beugung, dann Streckung	große Beugung, kleine Streckung	große Beugung	kleine Beugung, große Streckung
Kopfform	bevorzugt Rundkopf, Turm- schädel	Brachy- zephalie	Langkopf, Pyramiden- form	Hyperdolicho- zephalie	Hyperdolicho- zephalie, Hypodolicho- zephalie

**TABELLE 19 DATEN DER HALTUNGS- UND EINSTELLUNGSANOMALIE –
MARTIUS/HEIDENREICH 1999**

Durch den starken Druck, den die Weichteile unter der Geburt auf den kindlichen Kopf ausüben, verschieben sich die Schädelknochen gegeneinander, wobei die Scheitelbeine nach oben ausweichen. Die Umformung (Konfiguration) führt zu einer Verkleinerung der Circumferentia frontooccipitalis um 0,25 bis 0,5 cm (Mändle et al. 2003). Zwischen 1,5 und 2 cm Verringerung des Querdurchmessers wird von Sergueef (1995) als Verformung bei der Geburt angegeben.

Bei der Gesichtslage leisten die Gesichtsknochen der Kompression größeren Widerstand; so kommt es häufig zu Ödemen, verformt werden in diesem Fall das Os frontale, Os parietale und Os occipitale (Sergueef 1995).

4.2.6 Postnatale Einflüsse

Littlefield et al. (2008), Vlimmeren et al. (2004) und Sergueef et al. (2006) beschreiben in ihren Studien folgende postnatale Einflüsse als begünstigende und auslösende Faktoren für plagiozephe Schädelformauffälligkeiten:

- Rückenlage
- neurologische Defekte oder Defekte der Halswirbelsäulen,
- Torticollis
- Bevorzugung einer Seite,
- Frühgeburten
- langes Sitzen in Autositzen oder Kinderwägen
- rechtsgelagert
- craniale und zervikale Somatische Dysfunktionen

Villani et al. (2014) nennen die einseitige Fütterung mit der Flasche als einen weiteren Faktor.

Laut Sergueef et al. (2006) kann die Schlafposition des Kindes alleine zu einem Plagiozephalus führen.

Von Losee et al. (2007) werden die demografischen Faktoren männlich und weiße (da bei den Afrikanischen Kindern die Lagerung auf dem Rücken nicht üblich ist) Kinder als Risikofaktoren für eine Plagiozephalie genannt.

4.3 Therapien der Schädelformauffälligkeiten

Es sind verschiedene Therapiemöglichkeiten bekannt, beginnend mit der Beobachtung der Schädelformauffälligkeit bis zur operativen Therapie der Kraniosynostosen. Diese Therapien werden nach Angiographie, Myelographie, NMR, CT, Röntgen, sonographischer, interventionsradiologischer und neurologischer Abklärung eingesetzt.

(Aliberti F. et al. 2002, Blecher JC/ Howaldt HP 1998, Lakhani RS / Tatum SA 2003, Marentette LJ / Kim JY 2001, Ogle R 2002, Panchal J / Uttchin V 2003, Shin JH et al. 1997, Huang et al. 1998, Sullivan PK / Tattini CD 2001, Ghali GE et al. , 2002)

Den Schädelformveränderungen postnatal wurden bis vor wenigen Jahren keine Beachtung geschenkt, da die spontane Remission von perinatal bedingten Schädelformauffälligkeiten bis zur 6. Lebenswoche angenommen wird (Pfleiderer 2000, Rütt 1982, Sergueef 1995, Keller/Wiskott 1991, Stauber/Weyerstahl 2001).

Diese Meinung ist inzwischen revidiert. In der Mehrzahl der Fälle verschwindet der Plagiozephalus nicht ohne Behandlung (Ripley et al. 1994, Sergueef et al. 2006). Im Gegenteil, laut Miller et al. (2000) neigt die Plagiozephalie eher dazu sich zu verschlimmern. In leichten Fällen wird die Asymmetrie des Schädels durch das Haarwachstum zwar versteckt, anthropometrische Messungen hingegen haben gezeigt, dass mittlere bis schwere Asymmetrien bestehen bleiben (Ripley et al. 1994).

Die folgenden Interventionen werden bei Schädelformauffälligkeiten angewandt:

4.3.1 1. Beobachten

So lange keine neurophysiologischen Auffälligkeiten bestehen, bzw. bis diese abgeklärt sind, ist eine Möglichkeit der Medizin die Beobachtung.

4.3.2 2. DOC / Band- / Helm – Therapie

Blecher C (2013) beschreibt, dass verschiedene Hilfsmittel verwendet werden, um die Form des Kopfes passiv und in Richtung Symmetrie zu verändern.

Durch genaue dreidimensionale Vermessungen ist es inzwischen möglich die Schädelform zu dokumentieren und Symmetrieabweichungen gut reproduzierbar darzustellen. Somit ist eine Verlaufkontrolle möglich. Bei der Helmtherapie wird ab einer Symmetrieabweichung von 1,5 cm zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat mit der Helmtherapie begonnen.

Der Helm wird 23 Stunden pro Tag getragen und ermöglicht den Patienten sich ungehindert zu drehen, da er außen rund ist und innen genug Platz lässt, so dass der Schädel in die gewünschte Richtung wachsen kann.

Lessard (2007) beschreibt vor allem den Einsatz der Helmtherapie bei mittlerer bis schwerer Plagiozephalie. Die Kinder, die mit einem Helm versorgt werden sind ab viereinhalb bis knapp acht Monaten alt (Lessard 2007). Dies ist besonders relevant, da das größte Schädelwachstum im ersten Lebensjahr erfolgt. Die mittlere Dauer der Behandlung wurde von Teichgraeber et al. (2001) auf vier bis fünf Monate erfasst.

Je nach Fortschritt der Therapie, kann am Ende der Behandlung von den 23 Std. Tragedauer noch ein Monat empfohlen werden, in dem der Helm nur nachts getragen werden muss (Lessard 2007).

Nach Graham et al. [Graham et al. 2005 (2)] ist eine Kombination von Lagerung und Helmtherapie schneller als nur eine Lagerungstherapie alleine. Auch ist eine frühe Intervention mit Helm effektiver.

4.3.3 3. Operative Behandlung – Kraniotomie

Diese Form der Therapie wird angewandt bei Kraniosynostosen
Korrektur der Kopfform und Verhindern intrakranieller und ophthalmologischer Komplikationen (Friedrich 2012)

Sollte im 1. Jahr korrigiert werden

- Elevation der Knochen gelingt besser
- Reossifikation und Remodelling gelingt schneller

- Gesichtsbeteiligung ist geringer

Operationstechniken

- Suturektomie
- Rekonstruktion der Calvaria
- Repositionierung des Orbitarandes

Die Wahl der Operationstechnik beschreibt Haberl et al. (2004) in Abhängigkeit vom Alter und Typ der Craniosynostose

Alter Synostosentyp	< 6 Monate	6 – 10 Monate	>10 Monate
Sagittalnaht-synostose	Biparietale Kraniektomie	Biparietale Kraniektomie und floating bone flaps	Komplette Umformung
Einseitige Synostose der Sutura coronalis	Frontoorbitale Umformung	Frontoorbitale Umformung	Frontoorbitale Umformung
Beidseitige Synostose der Sutura coronalis	Frontoorbitale Advancement	Frontoorbitale Advancement	Komplette Umformung
Frontalnahtsynostose	Frontoorbitale Umformung	Frontoorbitale Umformung	Komplette Umformung
Lambdanahtsynostose	Okzipitales Advancement	Okzipitales Advancement	Parietookzipitale Umformung
Multiple Synostosen	Komplette Umformung	Komplette Umformung	Komplette Umformung

TABELLE 20 OPERATIONSTECHNIKEN BEI CRANIOSYNOSTOSEN – HABERL 2004

4.3.4 Lagerung und Physiotherapie

Bialocerkowski et al. (2008) sehen eine mögliche Therapie darin, die Eltern zu schulen. Das Kind wird dabei in der Kontraposition oder in verschiedenen Positionen wie z.B. in Bauchlage gelagert. Diese Lagerung kann bei einer

leichten Plagiozephalie verwendet werden so Bialocerkowski et al. (2005). Auch Graham et al. (2005) schließt sich dieser Meinung an und beschreibt diese Lagerungstechniken hauptsächlich im 4. und 5. Lebensmonat. Die Lagerungstherapie hat den Nachteil, dass sie sehr zeitaufwendig ist.

Lessard (2007) befürwortet die zusätzliche Physiotherapie, wenn ein schwerer Torticollis vorliegt (Lessard 2007).

Bialocerkowski et al. (2005) kritisieren die mangelnde Beschreibung der Lagerungsmöglichkeiten, der verwendeten Techniken, sowie fehlende Aussagen über die Häufigkeit und Dauer der physiotherapeutischen Behandlungen in den Artikeln über die Physiotherapie (Bialocerkowski et al. 2005).

4.3.5 Osteopathie

Sergueef et al. (Sergueef et al. 2006) haben 2006 in ihrer Studie mit 650 Kindern folgendes nachgewiesen:

1. mit Palpation können die Einschränkungen im Gewebe welche die Plagiozephalie auslösen und beeinflussen aufgefunden werden
2. „... *signifikante Korrelation zwischen einem lateralen Spannungsmuster der Spheno-Occipitalen-Synchondrosis und Plagiozephalie und zwischen einer Dysfunktion der Rotation des Occiput auf dem Atlas und der Seite der posterioren Plagiozephalie.*“ (Sergueef et al. 2006)

Wir schlagen daher vor, dass eine gründliche Neugeborenen osteopathische Untersuchung Individuen identifizieren kann welche eine Prädisposition haben einen posterioren Plagiocephalus zu entwickeln. (We found a significant correlation between the lateral strain pattern of the spheno-occipital synchondrosis and plagiocephaly and between rotational dysfunction of the occiput upon the atlas and the side of posterior plagiocephaly. We suggest that thorough neonatal osteopathic examination can identify individuals predisposed to develop posterior plagiocephaly.)“ (Sergueef et al. 2006).

Die osteopathische Behandlung wird als ein Dialog mit den Geweben

beschrieben. Dieser Dialog erlaubt eine nicht-invasive effektive Normalisierung der Verformung des Schädels, als auch der darauf im Körper erfolgten Anpassungen. Die Verbesserungen der Plagiozephalie konnten anhand von Photos und Tomographie von Sergueef dargestellt werden (Sergueef 2004).

Lessard (2007) stellt klar, dass die osteopathische Behandlung auf den spezifischen Bedürfnissen des Patienten aufgebaut ist und nennt folgende Behandlungsprioritäten (Lessard 2007):

- Dekompression der Sutura Sphenobasilaris und der Kondylen des Occiputs
- Korrektur der damit zusammenhängenden Strukturen
- Wiederherstellung der normalen Mobilität der Rotation des Schädels und Normalisierung der einschränken Faktoren für die Bewegung
- Behandlung der neuro-muskulären- und knöchernen Systeme
- Wiederherstellung des Gleichgewichts der intra-cranialen Membranen, der Suturen, der Knochenkerne, der Schädelbasis und des Beckens
- Wiederherstellung des Gleichgewichts der Faszien

Beachtliche Verbesserungen bei den Plagiozephalien bei den Säuglingen werden in der osteopathischen Literatur bereits nach vier bis fünf Behandlungen beschrieben.

Folgende Studien zeigen dass die Osteopathie bei Plagiozephalie helfen kann:

- Philippi et al. (Philippi et al. 2006) haben 2006 eine randomisierte klinische Studie veröffentlicht in der festgestellt wurde, dass eine Osteopathische Behandlung in den ersten Lebensmonaten die Asymmetrie des Schädels bei Kindern mit einer Haltungsasymmetrie verbessern kann.
- Boscarino et al. (Boscaroni et al. 2008) stellen in ihrer Studie dar, dass die Osteopathie eine gute Unterstützung sein kann vor allem in Bezug auf weitere Störungen, wie z.B. eine wiederkehrende Otitis media.

- Lessard (Lessard 2007) hat in ihrer Dissertationsschrift beschrieben dass die Osteopathie einen positiven Einfluss auf die Asymmetrie bei der Plagiozephalie hat.
- Amiel-Tison et al. (Amiel-Tison et al. 2008) zeigen auf dass die Osteopathie eine signifikante Verbesserung der Asymmetrie erreicht.
- Amiel-Tison et al. (Amiel-Tison et al. 2009) schreibt: *„Die osteopathische Behandlung ist eine komplementäre Therapie. Um wissenschaftlich Akzeptanz zu finden, müssen die Resultate hinsichtlich ihrer Aussagekraft noch besser untersucht werden. Morphologische Resultate tauchen allerdings immer häufiger in der Literatur auf und geben einen positiven Ausblick: Osteopathie trägt tatsächlich dazu bei, das Auftreten einer kranialen Asymmetrie signifikant zu senken. Die Wirksamkeit der sogenannten präventiven Osteopathie während der Schwangerschaft ist nicht nachgewiesen. Abschließend ist zu sagen, dass die Osteopathie keine Anwendung bei Fehlbildungen der Kraniosynostose findet“.*
- Lessard et al. (Lessard et al. 2011) bestätigen auch dass osteopathische Behandlungen mitwirken bei der Verbesserung von cranialen Asymmetrien bei Kindern unter 6,5 Monaten.

Lessard et al. (2007) weisen bereits 2007 darauf hin, dass mit zunehmendem Alter des Säuglings bzw. des Kindes der Behandlungserfolg schwieriger wird. Auch das bereits in eine Asymmetrie erfolgte Schädelwachstum erschwert eine schnelle Korrektur. Lessard postuliert, dass ab dem Zeitpunkt zudem sich die knöchernen, die membranösen und flüssigen Mechanismen im Beisein einer Plagiozephalie entwickelt haben die Behandlung sehr viel schwieriger ist als im frühen Kindesalter. Denn die Strukturen verblieben oft in der Distorsion, obwohl die einschränkenden Faktoren freigemacht wurden.

Die Osteopathie ist eine recht sichere Behandlungsmethode, so stellt Lessard (2007) in der Arbeit dar, verweisend auf eine Veröffentlichung, dass in keiner englischen oder französischen wissenschaftlichen Veröffentlichung ein Unfall oder Zwischenfall bei einer osteopathischen Behandlung beschrieben wurde.

4.4 Zusammenfassung zum Literaturteil

Die Medizin beschreibt Schädelformauffälligkeiten.

Eine allgemeingültige Norm für die Schädelform wurde in Deutschland als Doligozephalus festgelegt, der Brachycephalus gilt in den USA als Norm.

In der pädiatrischen Literatur bezieht sich die Norm immer auf die Wachstumspercentilen (WHO).

Für Schädelformauffälligkeiten sind verschiedene Ursachen bekannt:

- Genetisch (primäre Ursachen)
- Intrauterine und perinatale Ursachen (sekundäre und metabolische Ursachen)

In der Gynäkologie und Pädiatrie besteht Konsens über:

- die intrauterine Schädelform,
- die Angaben zu den einzelnen Schädelmaßen die Geburt betreffend,
- die Geburt und ihre Regelwidrigkeiten,
- der intrauterinen Schädelform und deren Veränderung bei der Geburt (Zug- und Druckkraftwirkung).

Den perinatal bedingten Schädelformveränderungen wird zunächst postnatal wenig Beachtung geschenkt, da deren spontane Remission bis zur 6. Lebenswoche angenommen wird.

Die Zahl der Schädelformauffälligkeiten im letzten Jahrzehnt sind gravierend gestiegen auf Grund der „Back-Sleep“-Kampagne (American Academy of Pediatrics) zur Verminderung des plötzlichen Kindstodes.

Es sind Therapien für Schädelformveränderungen bekannt, die hauptsächlich eingesetzt werden, wenn sie mit auffälligen Entwicklungsstörungen verbunden sind. In den letzten Jahren wird den Nicht- Kraniosynostotischen Schädelformauffälligkeiten besonders der Plagiozephalie immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt, da die Studienlage belegt, dass die Anzahl der lagerungsbedingten Plagiozephalien stetig wächst. Die Studien belegen aber

auch den Rückgang des plötzlichen Kindstodes seit 1992 um 70% (Graham et al. 2005), dadurch werden die, durch die Lagerung der „Back-to-Sleep“- Kampagne bedingten Plagiozephalen Schädelasymmetrien in Kauf genommen.

Es werden immer mehr die konservativen Behandlungsmethoden untersucht und auf Effektivität geprüft.

4.5 Bewertung der Literatur

Die Literaturlauswertung lässt folgende Aussagen zu.

Als schwierig stellte sich die Suche in der medizinischen Fachliteratur und den medizinischen Datenbanken dar, da Schädelformauffälligkeiten für die verschiedensten medizinischen Bereiche von Bedeutung sind, jedoch von unterschiedlicher Wichtigkeit und grundsätzlich eine Handlungsnotwendigkeit erst besteht, wenn eine Auffälligkeit im Hinblick auf die neurophysiologische Entwicklung beobachtet werden kann.

Vor 15 Jahren wurde Schädelformauffälligkeiten nur dann Beachtung geschenkt, wenn sie mit einer Entwicklungsstörung verbunden war.

In den darauffolgenden Jahren wurden Schädelformauffälligkeiten immer mehr beachtet zum Beispiel wenn sie auch mit rein motorischen Entwicklungsverzögerungen einhergingen (Panchal et al. 2001). .

Der Schiefhals wurde immer häufiger diagnostiziert- besonders bei Säuglingen und innerhalb des 1. Lebensjahres. Diese Tatsache wirft natürlich die Frage auf, ob es jetzt mehr Schiefhälse gibt oder ob sie nur häufiger diagnostiziert werden.

Viele unterschiedliche Möglichkeiten einer denkbaren Beeinflussung durch verschiedene mütterliche oder kindliche Faktoren auf die Schädelform des Kindes, auf die kindliche Schädelform intrauterin, auf die Geburt und deren Verlauf konnten gezeigt werden, wobei die Studien im Hinblick auf genaue Aussagen von Ursachen und deren Folgen nicht statistisch belegt sind.

Da sich die Geburtsmechanik zwar im Großen und Ganzen in ihrem jeweiligen Bereich gleicht (alle Hinterhauptslagen, alle Stirnslagen, alle Beckenendlagen,.....) sollte es nicht unzählige Möglichkeiten, die Mechanik betreffend geben. Dennoch sind es so viele unterschiedliche Möglichkeiten wie

es Geburten sind, da die Kombinationsmöglichkeiten der kindlichen Schädelform und der mütterlichen Beckenform mit der jeweiligen Geburtsdynamik kombiniert immer individuell sein werden. Sonstige Regelwidrigkeiten wurden dabei noch nicht beachtet. Somit ist das Ereignis Geburt nicht berechenbar und von unzähligen Faktoren abhängig. Aber vielleicht wird in der Zukunft mit vielen zukünftigen Studien die Geburt eines Menschen besser einschätzbar und dadurch so manches Geburtstrauma im Hinblick auf den kindlichen Schädel intrauterin und perinatal evtl. verhindert oder vermindert. Dadurch könnten evtl. folgende Schädelformauffälligkeiten des Säuglings vermindert oder gar verhindert werden.

Die Schädelformveränderungen beim Säugling sind für manche Medizinbereiche wie die Kieferorthopädie erst von Interesse, wenn sie zu Kindern und Jugendlichen herangewachsen sind. Deshalb ist es schwierig in diesem Bereich Studien zu finden, die sich mit den Schädelformauffälligkeiten des Säuglings intrauterin und perinatal bedingt beschäftigen.

In den letzten Jahren ist in vielen Universitätskliniken in Deutschland die Ambulanz in der Pädiatrie gezielt erweitert worden um die Möglichkeit den kindlichen Schädel vermessen zu lassen und bei einer Asymmetrie-Abweichung von 1,5 cm mit einem Helm zu therapieren. Bei vielen Kindern können so innerhalb des 1. Lebensjahres Schädelformauffälligkeiten mit Funktionseinschränkung reduziert bzw. in seltenen Fällen sogar ganz behoben werden. Hier wären Studienergebnisse interessant, besonders wenn osteopathische Befunde mit erhoben werden könnten (z.B. vor und nach einer Helmtherapie, bzw. diese durch Osteopathie begleitet werden könnte).

5 Entwicklung einer Messmethode

Um Schädelformauffälligkeiten bei Säuglingen diagnostizieren zu können ist es notwendig eine Möglichkeit der validierbaren Messbarkeit von Schädelformauffälligkeiten zu finden. Die Möglichkeit sollte unkompliziert, für jeden durchführbar und gut zu dokumentieren sein. Da die Zahl der Plagiozephalien in den letzten Jahren so stark gestiegen ist sollte die Messmethode optimalerweise für die Vorsorgeuntersuchungen geeignet sein. Nicht nur zur Diagnostik sondern auch zur Dokumentation des Verlaufes und eines evtl. Therapieerfolges ist die Entwicklung einer stringenten Messmethode notwendig.

Es erscheint sinnvoll eine Messmethode anhand von Bildern zu entwickeln, damit die Nachweisbarkeit einer Schädelformauffälligkeit, die Reproduzierbarkeit der Diagnostik, die Dokumentation des Verlaufes und weitere Grobdiagnostik ohne zwingende Anwesenheit des Patienten bei Spezialisten stattfinden kann.

Die Fotos können sowohl von Angehörigen als auch in der Praxis entstehen. Diese Bilder können dann per Datei bzw. scan zu den Programmbetreibern (diese könnten evtl. an Kliniken angesiedelt sein) gesendet werden zur Vermessung. Dadurch könnten mittels Referenzwerten die Notwendigkeit zur Vorstellung beim Facharzt diagnostiziert werden.

Über die Aufnahme der Bilddokumentation bei visuell auffälligen Kindern in die Vorsorgeuntersuchungen könnte sowohl eine frühzeitige Diagnostik als auch eine Dokumentation erfolgen. Dadurch können Kinder den verschiedenen Therapiemöglichkeiten zum optimalen Zeitpunkt zugeführt werden.

5.1 Methodisches Vorgehen

Darstellung der aktuellen Messmethoden in der Medizin

Grundlegende Anforderungen an eine neue Messmethode

Schnell, einfach, reproduzierbar, günstig

Darstellung der Entwicklungsgeschichte/Gedanken zur Entwicklung der Methode

- Befragung von Fachleuten der Vermessung in den Bereichen:
 - Medizin
 - Vermessungstechnik
- medizinische Vermessungstechniken
- Vermessungstechnik in technikübergreifenden Fachrichtungen wie Geographie, Ingenieurwesen u.a.

5.2 Gängige Messmethoden in der Medizin für den menschlichen Schädel

Messungen bzw. Vermessungen am Menschen werden in der Medizin genutzt um Diagnosen zu stellen, einen Referenzwert zu haben bzw. den Verlauf einer Behandlung oder der Entwicklung zu dokumentieren.

2-dimensionale und 3-dimensionale Verfahren sind dafür bekannt.

- 2-dimensionale Verfahren sind die, bei welchen die Tiefeninformation nicht in Betracht gezogen wird, weil dies nicht nötig oder möglich ist.
- 3-dimensionale Verfahren ermöglichen die Entfernungsbestimmung (in die Tiefe), sowie die Raumwinkelbestimmung an einem Objekt. Dazu ist es notwendig, nicht-invasive Möglichkeiten zu haben, da die Untersuchungen am lebenden Patienten durchgeführt werden.

In der Medizin benutzt man verschiedene Methoden, um Schädel zu scannen bzw. zu vermessen.

Willbrand et al. (2011) fordert, dass eine Messmethode sicher reproduzierbar und einfach anzuwenden sein muss. Nur so ist es möglich eine gesicherte Diagnose und aussagekräftige Skalen zu entwickeln. Diese Anforderung haben 2011

Wilbrand et al. wie folgt in ihrer Studie definiert: *„Standardisierte Messungen sind stark reproduzierbar um in früher Kindheit Schädeldeformitäten zu quantifizieren. Standardkopfpositionen sind unablässig für zuverlässige Messungen. Die Wiederholbarkeit von anthropometrischen Messungen ist unablässig um eine Diagnose und Skalen für den Schweregrad zu erstellen und Behandlungskonzepte zu entwickeln. (Standardized measurements are highly reproducible to quantify early childhood head deformity. Standard head position is indispensable for reliable measurement. Repeatability of anthropometric measurements is essential to define diagnoses and severity codes and to develop treatment concepts.)“* (Wilbrand et al. 2011).

In Deutschland hat sich mittlerweile die Cranial Asymmetry Screening (CAS-Messung) nach Dörhage (Dörhage 2010) als gängigste Messung ohne bildgebende Verfahren etabliert.

Die deutschen Krankenkassen erwarten vom medizinischen Dienst bei der Genehmigung einer geplanten Helmtherapie derzeit die Verwendung des Cranial Vault Asymmetry Index.

5.2.1 Klinische Klassifikation

Eine standardisierte, quantifizierbare und reproduzierbare Klassifikation wird benötigt um die Messungen des Schweregrads durchzuführen und die Ergebnisse von Behandlungen zu verifizieren.

Wilbrand et al. haben 2012 eine Studie veröffentlicht mit dem Ziel eine *„Craniofaziale Norm und eine objektive Kategorisierung von lagebedingten Kopfdeformationen (the craniofacial norm and to objectify the categorization of positional head deformity)“* zu definieren. Nach eigener Aussage sei dies gelungen - so Wilbrand et al. (2012).

Über 400 Kinder mit Kopfdeformitäten (mit mehr als 2500 Daten) wurden in einer Pilotstudie untersucht. Diese Ergebnisse wurden mit den Ergebnissen einer vorherigen Studie mit 401 Kindern ohne Kopfdeformität verglichen. Als Ergebnis haben Willbrand et al. *„Normpercentilen für alle Dimensionen für anthropometrische Messungen des Schädels während der ersten drei Lebensjahre berechnet. Kinder mit eindeutig non-synostotischen Kopfdeformitäten könnten in unterschiedliche Gruppen zugeordnet werden:*

Lagebedingter Plagiozephalus mit krankhaften Canial Vault Asymmetrie Index

Lagebedingte Brachycephalie mit krankhaften Cranial Index

Kombination von lagebedingtem Plagiozephalus und Brachycephalie mit Cranial Vault Asymmetrie Index und Cranial Index

Zusätzlich konnte eine zuverlässige drei-stufige Schweregrad Klassifikation (leicht, mittel und stark) für jede Gruppe von Schädeldeformitäten gemäß Alter und Geschlecht gewonnen werden. Unsere Ergebnisse erlauben eine aussagekräftige und zuverlässige Klassifizierung von non-synostotischen Schädeldeformitäten in der frühen Kindheit. (Normative percentiles for all dimensions in cranial vault anthropometric measurements during the first year of life were calculated. Children with definite nonsynostotic head deformity could be clearly allocated into 3 different groups: positional plagiocephaly (abnormal Cranial Vault Asymmetry Index), positional brachycephaly (abnormal Cranial Index), and combined positional plagiocephaly and brachycephaly (abnormal Cranial Vault Asymmetry Index and Cranial Index). Additionally, a reliable 3-level severity categorization (mild, moderate, and severe) for each group of cranial deformation could be obtained according to age and sex. Our results allow a meaningful and reliable classification of nonsynostotic early childhood cranial deformity. (Wilbrand et al. 2012).

Meyer-Marcotty et al. haben 2014 eine Studie über das normale Wachstum des kindlichen Schädels veröffentlicht, hier wurde mittels dreidimensionalen Verfahren aufgezeichnet. „Die dreidimensionalen Daten für den gesamten Schädel von gesunden Kindern, welche in dieser Studie erzeugt wurden, können verwendet werden für die diagnostische Bewertung und zu Analyse des Wachstums des Schädels vom sechsten bis zwölften Monat. Darüber hinaus sind dieses normativen Daten klinisch hilfreich in der Korrektur der cranialen Asymmetrien durch Kraniosynostosen oder lagebedingtem Plagiozephalus. (The 3D data generated in this study for the entire heads of healthy infants could be used for diagnostic evaluation and to analyse the growth of the cranium from 6 to 12 months of age. Moreover, these normative data are clinically helpful in the correction of cranial asymmetries induced by craniosynostosis or positional plagiocephaly.) (Meyer-Marcotty et al. 2014).

5.2.2 Zweidimensionale Messmethoden

Bei den Zweidimensionalen Messungen kann auch von anthropometrischen Messungen gesprochen werden.

Die folgenden Messmethoden werden in den Studien oft verwendet:

- Cranial Index oder auch Cephalic Index nach Loveday et al. (Loveday et al. 2001)
- Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) nach Loveday et al. (Loveday et al. 2001),
- Craniale Asymmetrie Screening – Messung (CAS) nach Dörhage (Dörhage 2010)
- Plagiozephalometrie mittels Thermoplastikstreifen nach Van Vlimmeren et al. (van Vlimmeren et al. 2006)
- Kurze Achse – lange Achse mit Messzirkel nach Muliiken et al. (Mulliken et al. 1999)
- Cranial Diagonal Difference nach Graham et al. (Graham et al. 2005 (2))
- Cranial Vault Asymmetry, Orbitotragial Depth Asymmetry, Cranial Base Asymmetry
- Messung mittels Ultraschall
- Digitale Photogrammetrie

Bei allen zweidimensionalen Messmethoden werden immer mechanische Hilfsmittel wie Messzirkel, Thermoplastikstreifen oder Schieblehren zum Einsatz gebracht. Photometrische Erfassungen im zweidimensionalen Raum wurden bisher nicht in publizierten Studien verwendet.

Wilbrand et al. haben 2010 eine Studie veröffentlicht in der die *„Aussagekraft und die Verlässlichkeit von anthropometrische Messungen bei Schädelverformungen in der frühen Kindheit (Value and reliability of anthropometric measurements of cranial deformity in early childhood)“* (Wilbrand et al. 2011) untersucht wurden. Das Ergebniss dieser Studie zeigt, dass *„Standardisierte Messungen hochgradig reproduzierbar sind, um*

Schädeldeformitäten in der frühen Kindheit zu quantifizieren. Hierbei ist eine standardisierte Kopfposition unverzichtbar für aussagekräftige Messungen. Die Wiederholbarkeit von anthropometrischen Messungen ist grundlegend um Diagnosen und Schweregrade zu definieren und ein Behandlungskonzept zu entwickeln. (Standardized measurements are highly reproducible to quantify early childhood head deformity. Standard head position is indispensable for reliable measurement. Repeatability of anthropometric measurements is essential to define diagnoses and severity codes and to develop treatment concepts.)“ (Wilbrand et al. 2011).

5.2.2.1 Cranial Index oder auch Cephalic Index

Cranial Index oder auch Cephalic Index (CI) ist ein Index der die Relation von Schädelbreite zu Schädellänge beschreibt:

$$CI = \frac{\text{maximale Schädelbreite} \times 100}{\text{maximale Schädellänge}}$$

Unter anderem wurde der CI im Jahr 2001 von Loveday et al. (Loveday et al. 2001) beschrieben.

Mittels eines Bleilineals wird die Kopfform des Säuglings genommen und auf Papier übertragen. Auf dem Bleilineal sind die Ohrpositionen, der Punkt Inion (= protuberantia occipitalis externa) und der Punkt Nasion (= Mitte der Sutura Frontonasale) markiert. Danach werden die verschiedenen Maße zu Papier gebracht: Schädellänge und -breite.

Der CI ist besonders dafür geeignet die Brachyzehalie zu beschreiben. Beim CI wird das Längsoval des Schädels gemessen. Ein Cranial Index oder auch Cephalic Index zwischen 75% und 85% wird als Normgröße genannt.

Index	Quelle
79% und 83%	Likus et al. 2014
75% und 85%	Dörhage 2010
76% und 81%	Graham et al. 2005

TABELLE 21 NORMGRÖÖE DES CRANIAL INDEX

In der Veröffentlichung von Loveday et al. fehlen die präzisen Definitionen der Messpunkte. Man kann vermuten dass die Messpunkte für die Schädellänge von dem Punkt Inion (= protuberantia occipitalis externa) zu dem Punkt Nasion (= Mitte der Sutura Frontonasale) verläuft.

Folgende Fragen bleiben offen:

- Die Schädelbreite wird durch die Ohren definiert – aber welche Punkte bei den Ohren werden benutzt?
- Wieso werden zwei Geraden im 30° Winkel eingetragen um die Diagonale zu bekommen?

Laut Dörhage (Dörhage 2010) ist *„der CI ein Maß für die Längsovalität des Schädels und geeignet, die Pathologie der zentralen Plagiozephalie (Brachyzephalie) und anderen Mischformen zu beschreiben. Er ist ein Index der Schädelbreite in Relation zur Schädellänge.“*.

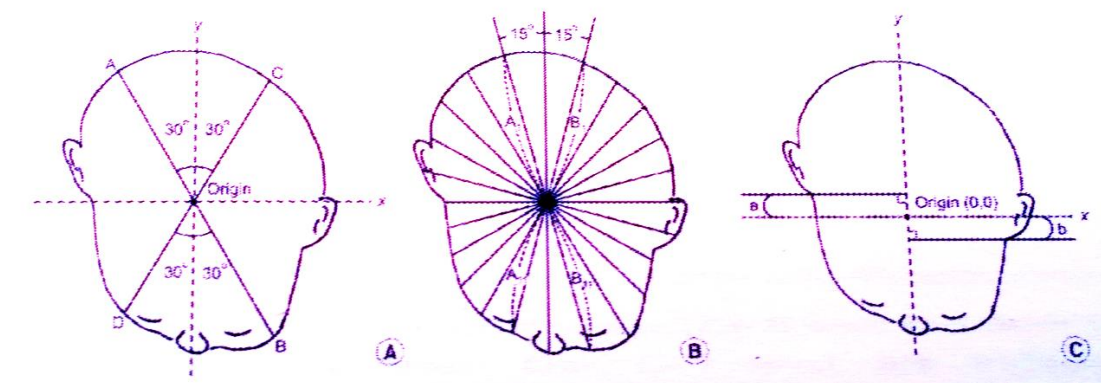
Diese Methode ist non-invasiv.

5.2.2.2 Cranial Vault Asymmetry Index

Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) beschrieben unter anderem im Jahr 2001 von Loveday et al, $CVAI = \text{Diagonale Differenz} / \text{kurze Diagonale} \times 100$

$$CVAI = \frac{\text{DiagonaleDiferenz}}{\text{kurzeDiagonale}} \times 100$$

Mittels eines Bleilineals wird die Kopfform des Säuglings genommen und auf Papier übertragen. Auf dem Bleilineal sind die Ohrpositionen, der Punkt Inion und der Punkt Nasion markiert. Dann werden die Schädellänge, -breite und die Diagonalen auf Papier eingezeichnet. (Loveday et al. 2001)



**ABBILDUNG 18: CRANIAL VAULT ASYMETRY INDEX NACH KIM ET AL.
2013**

Die diagonale Differenz (DD) ist der Unterschied der langen Diagonalen (hier AB) mit der kurzen Diagonalen (hier CD) bei einem 30° Winkel basierend auf der Y-Achse

$$CVAI = \frac{(DiagonaleAB - DiagonaleCD \times 100)}{DiagonaleCD}$$

Hier stellen sich die identischen Fragen wie beim Cranial Index. Die CVAI ist auch non-invasiv.

5.2.2.3 Craniale Asymmetrie Screening

Craniale Asymmetrie Screening – Messung (CAS) nach Dörhage (Dörhage 2010)

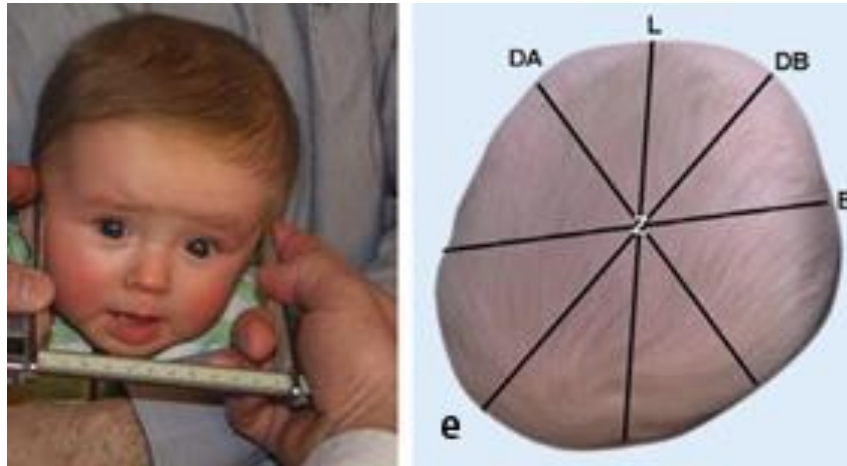


ABBILDUNG 19: CRANIAL ASYMETRIE SCREENING

Messung nach Dörhage 2010

$$CVAI(modifiziert) = \frac{DiagonaleB \times DiagonaleA \times 100}{DiagonaleA}$$

Die Diagonale B (DB) ist die Strecke von Frontozygomaticus (Der Punkt liegt am weitesten lateral auf der Sutura frontozygomatica) zur Seite der Hinterkopf-Erhebung, und muss durch den zentralen Punkt Z führen.

Die Diagonale A (DA) ist die Strecke von Frontozygomaticus (Der Punkt liegt am weitesten lateral auf der Sutura frontozygomatica) zur Seite der Hinterkopf-Abflachung, und muss durch den zentralen Punkt Z führen.

Der zentrale Punkt Z wird definiert als der Schnittpunkt von Schädellänge L und Schädelbreite B.

Die Schädellänge wird definiert als eine Gerade von Punkt Nasion (= Mitte der Sutura Frontonasale) zu Inion (= protuberantia occipitalis externa).

Die Schädelbreite wird definiert als eine Gerade zwischen den beiden Punkten Otobasion superius dexter und sinister.

5.2.2.4 Plagiozephalometrie mittels Thermoplastikstreifen

Van Vlimmeren et al. haben im Jahr 2006 (van Vlimmeren et al. 2006) die Plagiozephalometrie in einer Studie erforscht. Hierbei werden in 3 Schritten folgende Marker gesetzt bzw berechnet:

1. Schritt: Eintragung der Position der Ohren und der Nase. Dann wird die Ohrabweichung (Ear deviation ED) eingezeichnet sowie die Linien Anterior-Dexter (AD), Anterior-Sinister (AS), Posterior-Dexter (PD) und Posterior-Sinister (PS).
2. Schritt: Diameter Differenz. Es werden in einem Winkel von 40°, basierend auf einer Mittellinie welche von den Punkten ADAS und PDPS definiert wird, zwei Linien die Oblique Diameter Left (ODL) und Oblique Diameter Right (ODR) eingetragen. Aus diesen Linien wird die Oblique Diameter Difference (ODD) berechnet.

$$ODD = ODL - ODR$$

Das Verhältnis zwischen ODL und ODR wird als Oblique Diameter Difference Index (ODDI) bezeichnet und wird als Indikator für den Schweregrad einer Plagiozephalie verwendet (van Vlimmeren 2007). In der Literatur wird bei Werten über 104% wird von einer Plagiozephalie ausgegangen.

$$ODDI = \frac{\text{langeDiagonale}}{\text{kurzeDiagonale}} \times 100$$

3. Schritt: Transversale Form und Proportionen des Schädel

Der Cranio Proportional Index (CPI) wird mit dem Verhältnis zwischen den Linien SD und AP berechnet. Der CPI wird als Indikator für den Schweregrad einer Brachyzephalie verwendet.

$$CPI = \frac{SD}{AP} \times 100$$

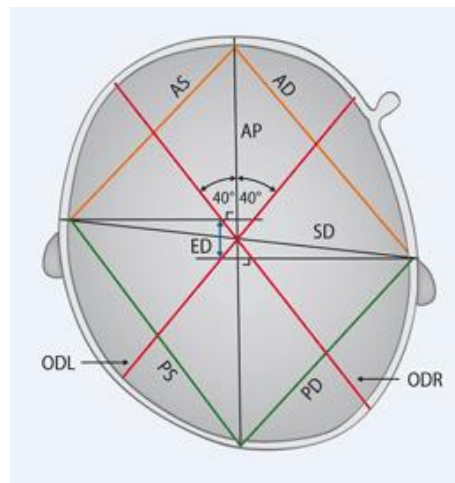


ABBILDUNG 20: PLAGIOZEPHALOMETRIE NACH VAN VLIMMEREN ET AL. 2006

Diese Methode ist non-invasiv und sowohl technisch aufwendig als auch mit viel Zeitaufwand verbunden. Zusätzlich ist ein gut ausgebildeter Untersucher grundlegend für genaue Ergebnisse, da die Messpunkte sehr klar definiert sind.

5.2.2.5 Kurze Achse – lange Achse mit Messzirkel

Kurze Achse – lange Achse mit Messzirkel nach Mulliken et al. (Mulliken et al. 1999)

Bei dieser Messung wird die lange Achse vom Supraorbitalpunkt zur maximalen Erhebung am Hinterkopf und die kurze Achse von dem Supraorbitalpunkt zur gegenüberliegenden flachsten Stelle am Hinterkopf gemessen. Die Differenz der beiden Diagonalen wird als Parameter für die Asymetrie genommen.

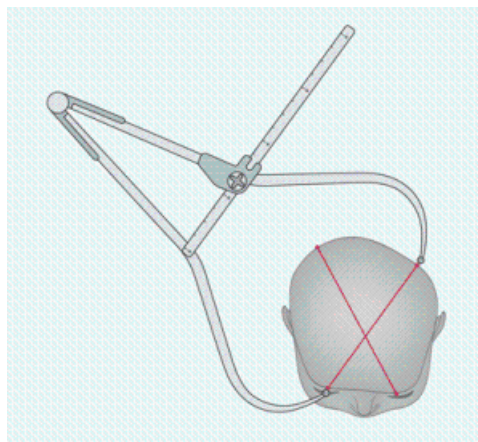


ABBILDUNG 21: MESSUNG MIT MESSZIRKELN NACH MULLIKEN ET AL. 1999

In der Veröffentlichung von Mulliken et al. fehlen die präzisen Definitionen der Messpunkte am Occiput. Diese Methode ist non-invasiv.

5.2.2.6 Cranial Diagonal Difference

Cranial Diagonal Difference nach Graham et al. (Graham et al. 2005 (2))

In einer Studie von Graham et al. (Graham et al. 2005 (2)) werden auch zwei Diagonalen mittels Messzirkel ermittelt. Die Differenz zwischen den Diagonalen wird als Cranial Diagonal Difference (DD) benannt. Als Normwerte werden Abweichungen von $0,3 \pm 0,1$ cm bezeichnet.

Diese Methode ist non-invasiv.

5.2.2.7 Cranial Vault Asymmetry, Orbitotragial Depth Asymmetry, Cranial Base Asymmetry

Verschiedene Autoren verwenden zur Darstellung von Plagiozephalien die Messungen Cranial Vault Asymmetry (CVA), Orbitotragial Depth Asymmetry (OTDA) und Cranial Base Asymmetry (CBA) (Kelly et al. 1999, Teichgraeber et al. 2001, Teichgraeber et al. 2004).

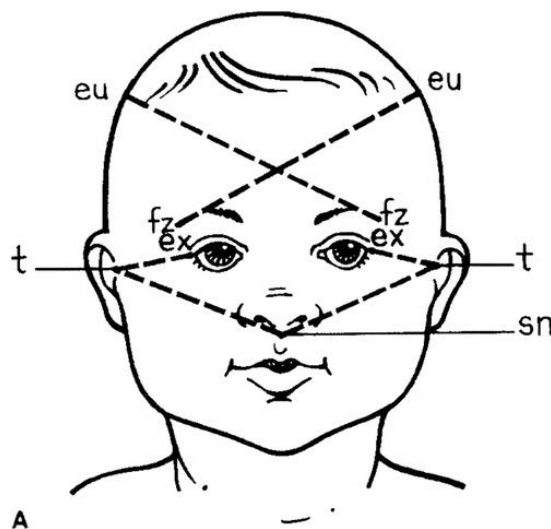
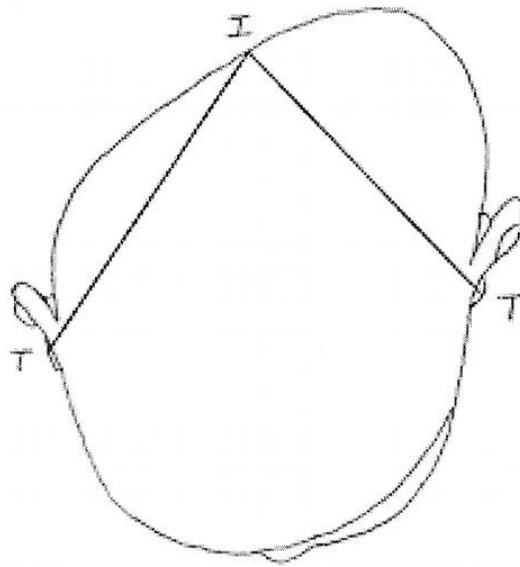


ABBILDUNG 22: MESSPUNKTE FÜR CVA UND OTDA NACH TEICHGRAEBER ET AL. 2001

Bei der CVA wird die Relation zwischen zwei Schädeldiagonalen betrachtet. CVA ist der Abstand vom „linken Frontozygomaticum Punkt zum rechten Euryon Punkt minus dem Abstand zwischen dem rechten Frontozygomaticum Punkt zum linken Euryon Punkt“ (Teichgraeber et al. 2001).

Die Relation von zwei Verbindungslinien wird bei der Messung nach OTDA betrachtet. Die Messung nach OTDA wird berechnet als der Abstand der Punkte rechter Tragus Punkt (t) zum rechten Exokanthion Punkt (ex) abzüglich linker Tragus Punkt (t) zum linken Exokanthion Punkt (ex) verwendet.

Die Messung nach CBA wird berechnet als der Abstand zwischen Inion (I) und rechten Tragus (T) minus dem Abstand Inion (I) zum linken Tragus (T). Diese Messung wird vor allem für die Bestimmung der Asymmetrie des Hinterkopfes verwendet.



**ABBILDUNG 23: MESSPUNKTE NACH CBA NACH TEICHGRAEBER ET AL.
2001**

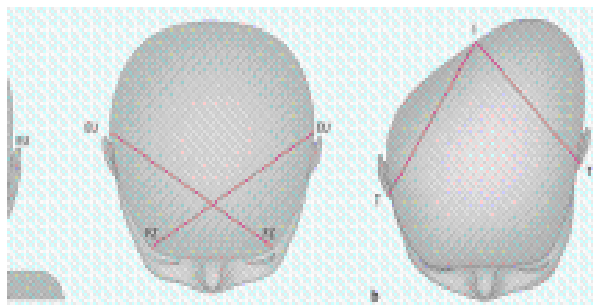
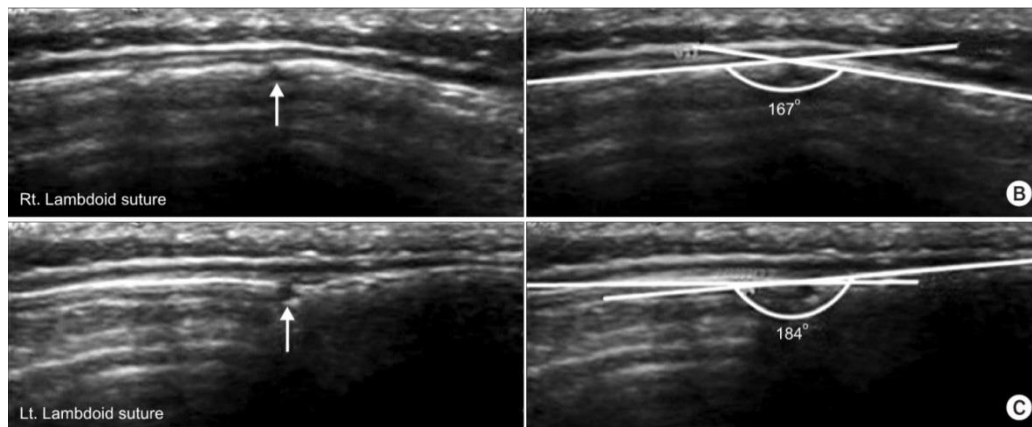


ABBILDUNG 24: MESSPUNKTE NACH CBA NACH DÖRHAGE 2010

5.2.2.8 Messung mittels Ultraschall

Kim et al. (Kim et al. 2014) haben in der Studie von 2014 die Messung der lagebedingten Plagiozephalie mittels Ultraschall im Vergleich zum Messzirkel untersucht. Es wurden beide Methoden verglichen um den Schweregrad des lagebedingten Plagiozephalus zu bewerten.

Zunächst wurden der Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) mittels Messzirkel und anschließend der Occipitale Winkel (OAR) mittels Ultraschall gemessen. Der OAR wird definiert als der Winkel zwischen den projizierten Linien entlang der Sutura Lambdoidea.



**ABBILDUNG 25: MESSUNG DES OCCIPITALEN WINKELS MITTELS
ULTRASCHALL DARSTELLUNG B NICHT BETROFFEN, DARSTELLUNG C
BETROFFENER SCHÄDEL NACH KIM ET AL. 2014**

Zur Ermittlung des Occipitalen Winkels muss eine Linie in der Schädelkalotte rechts und links von der Sutura Lambdoidea gezogen werden (siehe den Pfeil). Bei betroffenen Seiten ist der Winkel größer als bei der nicht betroffenen Seite (Bild B und C).

Kim et al. kommen zu dem Ergebniss, dass die Messung mittels Ultraschall in Kombination mit dem Messzirkel ein „besseres Verständnis zu bekommen über die Charakteristika des gesamten Schädelknochens und des Komplexes der Sutura Lambdoidea bei Kindern mit lagebedingtem Plagiozephalus. (...could provide better understanding about the characteristics of the overall cranial bone and lambdoid suture complex in infants with DP)“ darstellt (Kim et al. 2014)

5.2.2.9 Digitale Photogrammetrie und Photographie

Bei der Messmethode der Photogrammetrie wird mittels eines Photos und Messbildern eines Objektes die räumliche Lage bestimmt. Er werden auf dem Photo verschiedene Achsen eingetragen und Messverfahren eingesetzt wie z.B. der CVA. Aarnivala et al. (Aarnivala et al. 2015) verwenden in ihrer Studie bei der Auswertung der zweidimensionalen Photos den Cephalic Index und den Oblique Cranial Length Ratio (ODLR). Sie definieren die ODLR als das Verhältnis der längsten und kürzesten transcranialen Diagonalen gemessen bei einem Winkel von 40° von der Sagittalachse. Dies entspricht den ersten beiden Schritten des Messverfahren nach Van Vlimmeren et al, der Plagiozephalometrie.

Auch Schaaf et al. (Schaaf et al. 2010) haben 2010 eine Studie veröffentlicht in welcher die Schädelasymmetrien mittels digitaler Photographie und den Ergebnissen eines anthropometrischen Messzirkels verglichen wurden. In beiden Fällen wurde der Cranial Index und Cranial Vault Asymmetry Index berechnet bzw. abgetragen. Das Ergebnis zeigt dass die digitale Photographie in der Aussagekraft mit dem anthropometrischen Messzirkel vergleichbar ist.

„Die hier beschriebene schnelle, einfache Technik war besonders brauchbar bei Kindern. Es vereinfacht die Diagnose der CI- und CVAI-Werte und war hilfreich bei der Planung der Behandlung und bei der Kommunikation mit den Eltern. In unseren Händen stellt sich die digitale Photographie als ein sehr nützliches Instrument für die Schädelformmessung heraus, aber die wohl etablierte Methode mittels einem Messzirkel sollte einstweilen nicht weggelassen werden. (The quick, simple technique described here was particularly useful in children; it facilitated the diagnostic evaluation of CI and CVAI values and was helpful in treatment planning and communication with parents. In our hands, digital photography proved to be a very useful tool regarding head shape, but the well-established caliper method in anthropometry should not be omitted for the time being.)“ (Schaaf et al. 2010).

Das schnelle, einfache und kostengünstige Verfahren der digitalen Photogrammetrie und Photographie ist non-invasiv. Messfehler können hierbei auftreten durch unterschiedliche Beleuchtungsverhältnisse, unterschiedliche Kamerapositionen, Vergrößerungsfehler und die jeweilige Kopfhaltung.

5.2.2.10 Dreidimensionale Messmethoden für kindliche Schädel

Bei den dreidimensionalen Messmethoden handelt es sich immer um computerbasierte photometrische Methoden. Am bekanntesten und im breiten Einsatz in der Medizin ist die dreidimensionale Computertomographie (CT) und Kernspintomographie (MRT). Leider haben beide Verfahren Nachteile:

- CT: es gibt eine geringe Strahlenbelastung, aber diese ist für den flächendeckenden Gebrauch bei der Messung des kindlichen Schädels nicht vertretbar
- MRT: lange Aufnahmezeit; bei Kindern nicht ohne Anästhesie möglich – daher nicht für den flächendeckenden Gebrauch zur Messung des kindlichen Schädels möglich.

In der Industrie werden seit Jahrzehnten dreidimensionale Messverfahren eingesetzt. Sie haben zum Teil eine sehr hohe Genauigkeit. Die Berechnung der Toleranzgrenze wird von der Norm DIN EN ISO 10360 (DIN ISO 10360 online) zertifiziert. Eine typische Messtoleranz beträgt 0,003 bis 0,010mm abhängig von der Größe und des Einsatzbereiches des zu messenden Objektes. Diese Systeme erzielen ihre Genauigkeit dank langer Messzeiten. Hierbei wird in der Industrie sehr großen Wert auf die hohe Detaillierung und Genauigkeit gelegt, auch weil die Objekte sich nicht bewegen.

In der Medizin muss eine Messung in kürzester Zeit erfolgen, da die Objekte sich bewegen und Bewegungen zu Messfehlern führen. Der Versuch der Anpassung der Industriellen Technik an die Bedürfnisse der Medizin erwies sich als schwierig.

Folgende drei Phasen müssen bei der Erfassung von dreidimensionalen Oberflächen beachtet und unterschieden werden:

- Sammlung der Daten
- Verarbeitung
- Auswertung oder Analyse

Die verschiedenen Konzepte werden folgenden Kapitel genauer erläutert.

5.2.3 Grundlegenden Begrifflichkeiten und Konzepte bei dreidimensionalen Messtechniken zur Datenerfassung

Von Riphagen et al. stellen in der Übersichtsarbeit von 2008 (Riphagen et al. 2008) die grundlegenden Begrifflichkeiten und Konzepte dar, die in den dreidimensionalen Messtechniken verwendet werden. *„Um eine Oberfläche nachbauen zu können, bestimmt jedes bildgebende Gerät die Position von diskreten Punkten. Diese Punkte sind in einem Raum platziert (manchmal wird dies auch als „Welt“ bezeichnet) , definiert durch drei Achsen (xyz) mit einer Referenz auf Null oder den Koordinatenursprung. Diese gemeinsame Menge von Messpunkten wird Punktwolke genannt, welche eine Zusammenfassung von xyz-Positionen im Raum ist. Da es sich um eine Punktwolke handelt, haben die Positionen keine Verbindung zueinander. Wohingegen es für das menschliche Gehirn möglich ist die Punkte zu verbinden und sofort ein Gesicht oder ein Objekt in dieser Punktwolke zu erkennen, benötigt der Computer einen Regelsatz um die Punkte zu verbinden um ein 3D-Modell zu erstellen.*

Grundsätzlich besteht ein 3D-Oberflächenmodell aus einer Punktwolke in welcher alle Oberflächenpunkte mittels Dreiecken verbunden sind, eine Routine die gemeinhin als Triangulation bekannt ist. Auf diese Art kann ein 3D Modell aus mehreren tausend Dreiecken bestehen welche die Oberfläche bilden. (To be able to reconstruct a surface, any imaging device determines the position of discrete points. These points are placed in a space (sometimes referred to as “world”) defined by 3 axes (xyz) and referenced to a zero or point of origin. The combined mass of measurement points is referred to as a point cloud, which is a set of xyzpositions in space. As a point cloud, these positions have no connection to each other. Whereas it is possible for the human brain to connect the dots and immediately recognize a face or object within the point cloud, a computer needs a set of rules to connect the points to construct a 3D model.

Generally, a 3D surface model consists of a point cloud in which all the points on a surface are connected to form triangles, a routine commonly known as triangulation. This way, a 3D model is constructed consisting of several thousand triangles forming a surface.)“ (Riphagen et al. 2008).

Riphagen et al. beschreiben fünf grundlegende Messmechanismen:

- Koordinatenmessgeräte – Coordinate Measurement Machines (CMMs)
- Distanzbilder – Range Imaging
- Moiré-Effekt – Moiré Pattern Photography
- Position Tracking
- Stereofotogrammetrie – Stereophotogrammetry

Die Mechanismen werden im Folgenden kurz erläutert.

5.2.3.1 Koordinatenmessgeräte – Coordinate Measurement Machines (CMMs)

Bei den Koordinatenmessgeräten wird die räumliche Koordination gemessen; es wird ein Punkt im Raum gemessen, abhängig von dessen Entfernung eines Nullpunkts oder Koordinatenursprungs. Der Messkopf ist an einem Arm montiert, der um das zu messende Objekt rotieren kann. Laut Weckermann gibt es drei verschiedene Grundbauformen bei diesen Messgeräten – Portalbauart, Brückenbauart und Auslegerbauweise oder Ständerbauart.

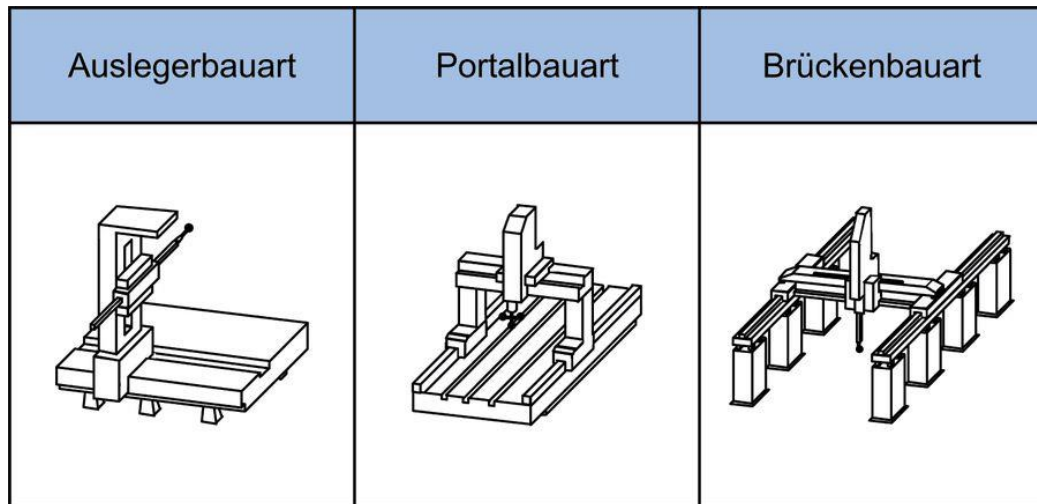
- Portal- und Brückenbauart

„Koordinatenmessgeräte in Portal- und besonders in Brückenbauart eignen sich wegen ihres großen Verfahrs- und damit Messbereichs und ihrer guten Genauigkeit zum genauen Messen auch großer und schwerer Werkstücke. Bedingt durch die steife Konstruktion lassen sich auch bei großen Messbereichen geringe Messunsicherheiten erreichen.“ (Weckermann 2012)

- Auslegerbauweise oder Ständerbauart

„Auslegergeräte bieten eine gute Zugänglichkeit, das Werkstück kann von drei Seiten zugeführt werden. Sie werden vorwiegend im Karosserie- sowie im Groß- und Schwermaschinenbau eingesetzt. Zur Verkürzung der Messzeiten werden sie bei großflächigen Teilen z.T. mit mehreren

Auslegern und unabhängigen Messsystemen betrieben. Auslegergeräte werden zum Schutz vor Umgebungseinflüssen (Schmutz, Temperatur) auch gekapselt gebaut.“ (Weckenmann 2012).



**ABBILDUNG 26: GRUNDBAUFORMEN VON KOORDINATIONSMESSGERÄTEN
NACH WECKENMANN 2012**

Ein Koordinatenmessgerät ist sehr genau (Messtoleranz von 0,003 bis 0,010mm), aber bei der Erfassung der Daten sehr langsam (Minuten bis Tage), (Riphagen et al. 2008).

Für den klinischen Einsatz sind Koordinatenmessgeräte aufgrund des langen Zeitfaktors nicht einsetzbar. Bei medizinischen Studien wurden diese Koordinatenmessgeräte jedoch eingesetzt um Gipsabdrücke mit dreidimensionalen Bildern zu validieren (Littlefield et al. 2005).

5.2.3.2 Distanzbilder – Range Imaging

Das Prinzip beim Verfahren der Distanzbildermessung ist die Ermittlung der Entfernung des Objektes zum Messkopf mittels Triangulation. Die Kamera bzw. der Sensor ist in einem bestimmten Abstand und Winkel zu einer Lichtquelle befestigt. Für die Messung wird ein Streifen (z.B. ein Laserstreifen) auf das zu messende Objekt projiziert – siehe Abbildung 22. Die Form die durch diesen Streifen erzeugt wird kann aufgezeichnet werden. Die gesamte Oberfläche des zu messenden Objektes muss erfasst werden. Somit kann daraus ein

dreidimensionales Bild errechnet werden.

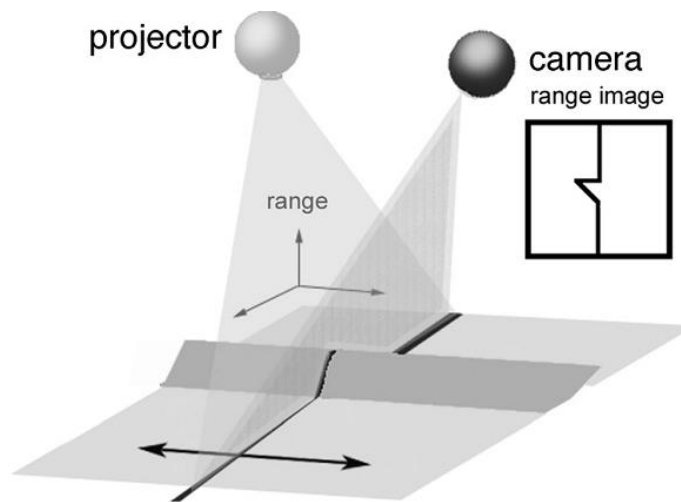


ABBILDUNG 27: PRINZIP DER ERFASSUNG EINES DISTANZBILDES AUS RIPHAGEN 2008

Die Messung kann auch mit mehreren Streifen erfolgen, womit die Messung schneller erfolgen kann. In der Literatur werden unterschiedliche Namen für diese Messmethode verwendet:

„Laser scanning (Laserscanner), laser stripe trigonometry (Laserstreifen Trigonometrie), optical surface scanning (Optischer Oberflächen Scanner), liquid crystal range finder und structured light scanner“ (Riphagen et al. 2008).

Die Messtoleranz wird bei Riphagen et al. mit 0,05mm allerdings abhängig von der Messgeschwindigkeit. bei Kau et al. (Kau et al. 2005]) und Gwilliam et al. (Gwilliam et al. 2006) wird die Messtoleranz mit 0,8-1mm im menschlichen Gesicht angegeben.

Bei Riphagen et al. (Riphagen et al. 2008) wird die Messgeschwindigkeit mit bis zu 12 Sekunden angegeben, manche Systeme sollen auch nur 0,3 Sekunden benötigen.

Nach Kau et al. (Kau et al. 2005) ist der Laserscanner eine einfache klinisch reproduzierbare Möglichkeit die Weichteile des Gesichtsschädels zu erfassen. Allerdings haben Laserscanner die Schwäche dass die Messgeschwindigkeit sehr langsam ist und daher für den Einsatz bei Kindern ungeeignet. Des Weiteren müssen die Augen geschlossen bleiben und der Schädel in einer festen

Position fixiert werden.

Manche Menschen haben immer noch Bedenken wegen Laser, obwohl es mittlerweile Laser der Klasse 1 gibt, welche unter „*vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich*“ (BAuA 2010) sind. Diese Bedenken und die relativ langen Aufnahmezeiten machen die Distanzbildermessverfahren nur begrenzt einsetzbar in der Medizin.

5.2.3.3 Moiré-Effekt – Moiré Pattern Photography

Als Moiré-Effekt wird ein feines Raster bezeichnet welches aus der Überlagerung von feinen Rastern entsteht.

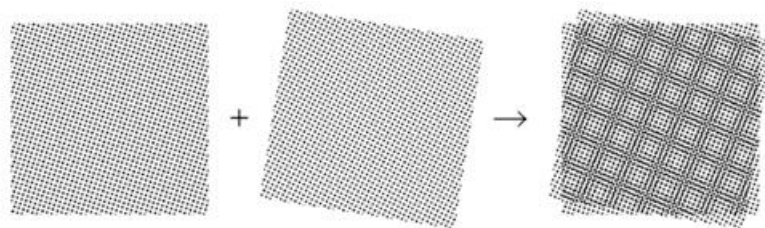
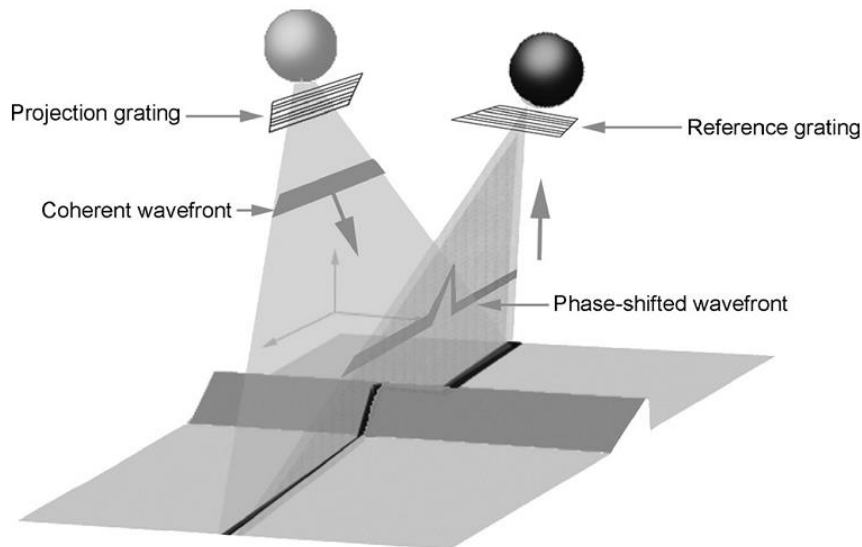


ABBILDUNG 28: MOIRÉ-EFFEKT BEI ÜBERLAGERUNG ZWEIER PUNKTMUSTER GLEICHER TEILUNG, GEGENEINANDER VERDREHT (C) WIKIPEDIA 2016

Bei dem Moiré-Effekt-Verfahren wird auf das zu messende Objekt ein Raster projiziert. Sowohl auf der Lichtquelle als auch auf der Kamera sind Gitternetze installiert. Diese werden übereinander gelagert und auf das Messobjekt übertragen. Dieser Phasenversatz bringt eine sehr hohe Messgenauigkeit mit einer Toleranz von bis zu 0,00025mm (Riphagen et al. 2008).

Da dieses Messverfahren nur bei flachen Oberflächen eingesetzt werden kann ist es für den klinischen Einsatz nicht geeignet.

Folgende Grafik zeigt die Messmethode:



**ABBILDUNG 29: PRINZIP DER ERFASSUNG EINES MOIRÉ-IMAGING AUS
RIPHAGEN ET AL. 2008**

5.2.3.4 Position Tracking

Position Tracking beschreibt als Überbegriff die Bestimmung der Position von bestimmten Gegenständen oder eines Körpers innerhalb eines festgelegten Raumes. Auf dem Körper werden ein oder mehrere reflektierende Marker befestigt und darüber werden die Bewegungen im Raum aufgenommen.

Diese Methode ist nicht geeignet um detailgenau zu arbeiten und daher im klinischen Einsatz für die Messung von Schädeln ungeeignet.

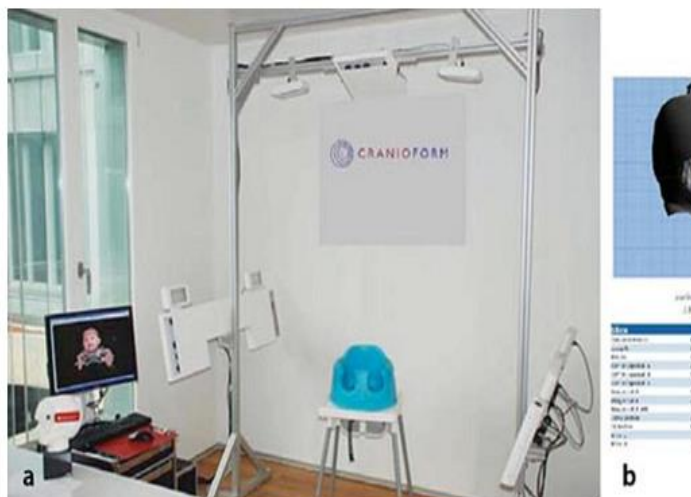
5.2.3.5 Stereophotogrammetrie

Die Stereophotogrammetrie oder auch Dreidimensionale Photogrammetrie ist ein Bildmessverfahren. Hierbei wird das Messobjekt mit mindestens zwei Bildern, aus verschiedenen Positionen aufgenommen. Da die Position und der Winkel der Kameras bekannt sind, können die Messpunkte auf dem zu messenden Objekt genau berechnet werden. Die Messtoleranz laut Riphagen et al. beträgt $\pm 0,5\text{mm}$. Diese Toleranz bestätigt auch Ayoub et al. (Ayoub et al. 2003). Nach Majid et al. beträgt die Messgenauigkeit $\pm 1,2\text{ mm}$ „was auf Gesichtsbewegungen

während der Aufnahme zurückzuführen war.“ (Majid et al. 2005). Bei Weinberg et al. beträgt die Genauigkeit $\pm 1\text{mm}$ (Weinberg et al. 2006).

Nach der Aufnahme kann das Bild gesichert, auf dem Monitor dargestellt und Fixpunkte können entweder manuell oder per Softwareprogramm festgelegt werden.

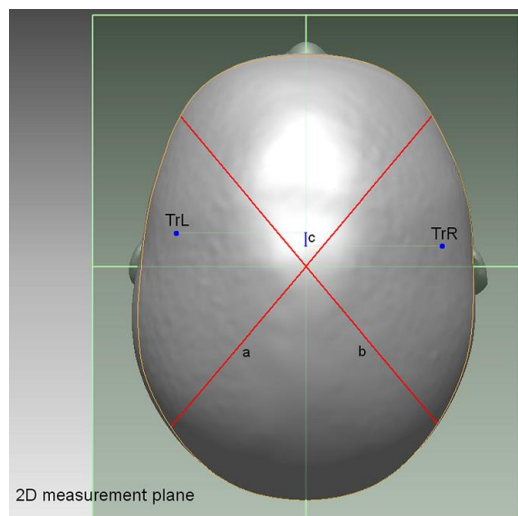
Da die Aufnahmezeit für digitale Photos laut Ayoub et al. 50 Millisekunden (Ayoub et al. 2003), ist dieses Verfahren für den Einsatz in der Medizin geeignet. Nach Weinberg et al. (2006) beträgt die Aufnahmezeit 1,5 -2 Millisekunden. Dörhage beschreibt in seiner Arbeit von 2010 (Dörhage 2010) eine Messung wobei mittels 20 Kameras in 1,5 Millisekunden digitale Bilder erstellt werden.



**ABBILDUNG 30: PHOTOMETRIE-AUFNAHMEPLATZ MIT 20 KAMERAS
NACH DÖRHAGE 2010**

Diese Messmethode hat im Vergleich zu den Laserscannern den Vorteil, dass sie keinen direkten Kontakt mit dem Patienten benötigt und dank der Aufnahmegeschwindigkeit eine geringe Kooperation des Patienten (Ayoub et al 2003) benötigt.

Die Systeme für Stereophotogrammetrie-Aufnahmen sind derzeit noch sehr teuer und können daher nur von spezialisierten Zentren betrieben werden.



**ABBILDUNG 31: ZWEIDIMENSIONALE MESSUNG NACH AARNIVALE ET AL.
2015**

5.2.4 Vergleich der Ergebnisse der zweidimensionalen und dreidimensionalen Photogrammetrie

Aarnivala et al. (Aarnivala et al. 2015) veröffentlichten 2015 ihre Studie in der sowohl die zweidimensionale als auch die dreidimensionale Photogrammetrie verwendet wurde. Es wurden Aufnahmen von Schädeln im Alter von 36–72 Stunden nach der Geburt mit zweidimensionaler Photogrammetrie und einem Follow-Up nach drei Monaten mit zweidimensionaler und dreidimensionale Photogrammetrie gemacht. Aufgrund der Tatsache, dass Neugeborene den Kopf nicht halten können um eine dreidimensionale Photogrammetrie zu erstellen, wurde nach der Geburt nur die zweidimensionale Photogrammetrie durchgeführt. Zur Auswertung bei den zweidimensionalen Aufnahmen wurden der Oblique Cranial Length Ratio (ODLR-2D) und der Cranial Index verwendet.

Hierbei wird der ODLR-2D als lange Diagonale durch kurze Diagonale $\times 100\%$ berechnet, wobei die Diagonalen in einem Winkel von 40° von der sagittalen Mittellinie gemessen werden.

Bei der Auswertung der dreidimensionalen Aufnahmen wurde sowohl der Anteriore Craniale Asymmetrie Index (ACAI) als auch der Posteriore Craniale Asymmetrie Index (PCAI) nach Meyer-Marcotty et al. (Meyer-Marcotty et al. 2014) verwendet. Der ACAI wird definiert als das Verhältnis von Anteriores Cuboid Volumen $((\text{größeres Cuboid Volumen} - \text{kleines Cuboid Volumen}) / \text{kleines Cuboid Volumen} \times 100\%)$

Dieselbe Formel gilt auch für den PCAI.

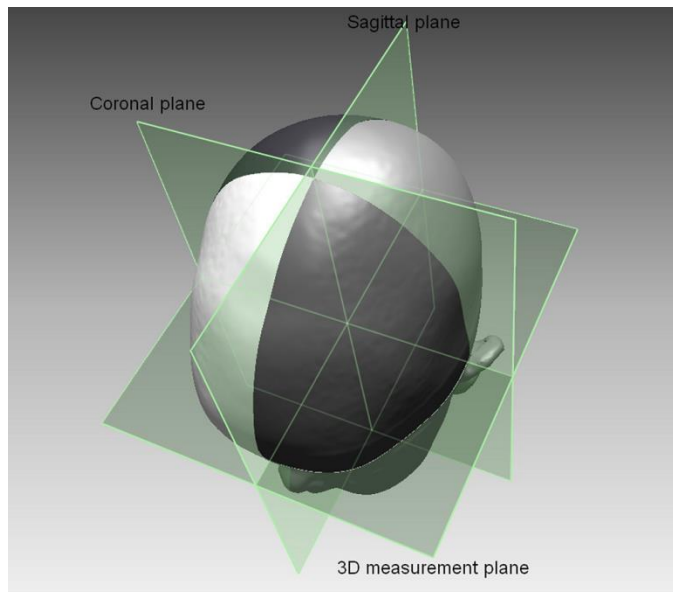


ABBILDUNG 32: DREIDIMENSIONALE MESSUNG NACH AARNIVALE ET AL. 2015

Bei den dreidimensionalen Bildern und den zweidimensionalen Photographien wurde der OCLR-3D berechnet.

„Der Intra-Klassen Korrelationskoeffizient zwischen der OCLR-2D und der OCLR-3D lag bei 0,897 (The intraclass correlation coefficient between OCLR-2D and OCLR-3D was 0.897)“ (Aarnivala et al. 2015).

Das klare Ergebniss: die Abweichungen der beiden Messmethoden sind sehr gering.

5.2.4.1 Grundlagen zur Verarbeitung der dreidimensional erfassten Daten

Nach der Datenerfassung müssen die Schritte Verarbeitung, Auswertung oder Analyse erfolgen. Zuerst wird aus den gesammelten Daten der Punktwolke ein digitales Gitternetzmodell über Triangulation errechnet. Anschließend werden Textur und Farbe hinzugefügt. Im dritten Schritt kommen Licht und Schatteneffekte. Im letzten Schritt wird das Bild „gerendert“, wobei der Computer das Gitternetzmodell in ein fast lebensechtes anatomisches Bild umrechnet und am Monitor dargestellt.

5.3 2D-Darstellungen in der Medizin

2-D-Darstellung ist die Darstellung von zwei Dimensionen, das entspricht Bildern.

- 2-dimensional:
 - Kraniometrie
 - Sonographie

Alizadeh et al. (2013) sieht den Gold-Standard der Kraniosynostosendiagnostik nach seiner Studie in der Ultraschalluntersuchung im Vergleich mit CT-Untersuchungen.

- CAS (cranial Asymmetrie Screening – Messung)

Die Messung nach Dörhage (2010) ist die inzwischen gängigste Messung ohne bildgebende Verfahren in Deutschland :

5.3.1 3D-Darstellungen in der Medizin

- 3-dimensional Darstellungen in der Medizin:
 - MRT

Engel et al. (2012) untersuchte isolierte Sutura Sagittalis Kraniosynostosen mit dem MRT präoperativ um pathologische Gehirnmaße zu finden. Das Ergebnis zeigte, dass ein MRT nicht generell bei klinisch unauffälligen Kindern mit isolierter Kraniosynostose (Sutura Sagittalis) angezeigt ist.

- CT

In der Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie wird bereits mit 3D-Diagnostik und – Therapieplanung gearbeitet. Digitale Bilddaten (dreidimensional aufbereitet) ermöglichen die graphische 3D-Darstellung von Oberflächen und räumlichen Strukturen der Anatomie. Die Überlagerung von 3D-Bilddaten ermöglicht es, mit verschiedenen Farben die Änderungen darzustellen (Zeilhofer 2003).

Auf der Basis von digitalisierten Computertomographie- und neuerdings auch Kernspintomographiedaten sowie Ultraschalldaten (speziell für die Weichteildarstellung) entstehen 3D-Kunststoffmodelle des Schädels. Diese patientenidentischen Modelle stellen die anatomischen Strukturen dreidimensional im Verhältnis 1:1 dar (Zeilhofer 2003).

In der kraniofazialen Chirurgie wird mit der 3D-Datenverarbeitung bereits gearbeitet, da diese wegen der Transparenz des verwendeten Materials eine gute Beurteilung der anatomischen Verformungen und der individuellen Ausbildung der Dysmorphie bei hoher Abbildungsgenauigkeit der anatomischen Strukturen erlaubt (Zeilhofer 2003).

Inzwischen wird im Seattle Children's Hospital erfolgreich mit einem „Low-dose head CT“ zur prä- und postoperativ Diagnose und Kontrolle bei Kraniosynostosen gearbeitet, was die Strahlungs-dosis deutlich verringert lt. Morton et al. (2013).

Auch Schweizer et al. (2012) kommt zu dem Beschluss das CT zur Diagnose von Kraniosynostosen wichtig ist aber wohl überlegt eingesetzt werden sollte.

5.3.2 Grundlegende Betrachtungen zur Messung an dreidimensionalen Körpern

Die Grundlage zur Durchführung von Messungen an dreidimensionalen Körpern ist die Erlangung der numerischen Repräsentation des Körpers, das heißt die Erfassung aller charakteristischen Raumkoordinaten des zu vermessenden Körpers. Dabei wird ein Kompromiss zwischen Wahrheitstreue und Menge der zu erfassenden Datenpunkte eingegangen (Tomic 2003).

Abschätzung der geforderten Auflösung und Genauigkeit

- Auflösung: Anzahl unterscheidbarer Punkte pro Längenmaß
- Genauigkeit: Ablesegenauigkeit des Maßes
- Es gibt verschiedene Scanmethoden zum dreidimensionalen berührungslosen Abtasten von Körpern um eine 3-D-Darstellung zu erlangen
 - Lichtschnittverfahren
 - Streifenprojektion
 - Photogrammetrie
 - Weißlicht-Interferometrie
 - Lasermesstechnik
 - MRT
 - CT

Erklärung der einzelnen Verfahren – siehe Definitionsverzeichnis.

5.3.2.1 Standards für digitale Photographie:

Im Jahr 2006 haben Ettore et al. und Schaaf et al. eine Richtlinie für digitale Photographie im Cranio-Maxillaren-Fazialen Umfeld erstellt.

Die Anforderungen für die digitale Photographie sind:

- höchste Qualität und
- Beständigkeit der Aufnahmen.

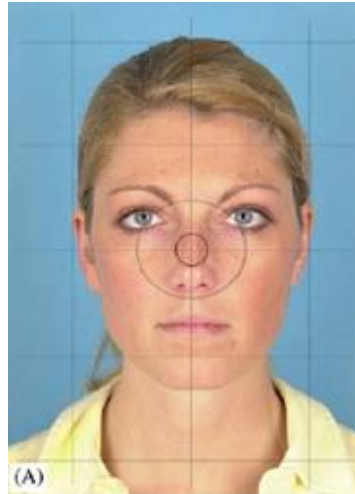
Empfehlungen für das Equipment, zur Datensicherung und -aufbewahrung sowie zur Fehlervermeidung wurden gegeben.

Ettorre et al. (2006) stellen folgende Forderungen auf:

- Gründung eines europaweiten Standards für die digitale Photographie im Cranio-Maxillaren-Fazialen Umfeld
- Standardisierte Aufnahmen
 - gleicher Abstand und gleiche Position des Patienten
 - Kameraposition auf den selben Höhe wie der Fokussierungspunkt
- Gute Beleuchtungsverhältnisse mit zwei Studioluchten jeweils im 45 Winkel zum Patienten im Abstand von 1,5 m
 - blaue Hintergrundfarbe
- Photos müssen Teile der Krankenakte werden
- Hohe Qualität der digitalen Photographien
- Technische Forderungen
 - Verwendung von Spiegelreflexkameras mit Objektiven mit einer Brennweite von 90-105mm
 - Computer mit ausreichender Festplatte, Hauptspeicher und guter Grafikkarte
 - TFT-Monitor
 - Farblaserdrucker

Für die Aufnahmen von Frontal sind folgende Punkte zu beachten:

Volle frontale Sicht kann erreicht werden wenn der Kopf in der deutschen Horizontale oder auch Frankfurter Horizontalen gestellt wird. Der Patient schaut geradeaus und die Interpupillarlinie sollte gerade sein. Es sollte keine Kopffrotation vorhanden sein und der Mund leicht geöffnet wenn möglich. Am unteren Rand sollte das Sterno-Clavicular Gelenk sichtbar sein (Ettorre et al. 2006).



**ABBILDUNG 33: FRONTALE AUFNAHME MIT DER FRANKFURTER
HORIZONTAL ENACH ETTORE ET AL. 2006**

Schaaf et al. (Schaaf et al. 2006) stellen für die Aufnahme von Kindern die folgenden Forderungen auf:

Die Kinder sollten voll auf den Knien der Eltern sitzen, vor einem blauen Hintergrund. Eine zweite Person kann die Aufmerksamkeit des Kindes wecken um den Kopf in die gewünschte Position zu drehen.



**ABBILDUNG 34: FRONTALE AUFNAHMEN BEI SÄUGLINGEN NACH
SCHAAF ET AL. 2006**

Bei Aufnahmen von Cranial sollten die beiden Ohren und die Nasenspitze zu sehen sein, da diese als Orientierungspunkte Verwendung finden.



**ABBILDUNG 35: CRANIALE AUFNAHMEN BEI SÄUGLINGEN NACH SCHAAF
ET AL. 2006**

5.3.3 Grundlagen der Digitalkameras

5.3.3.1 Aufbau einer digitalen Spiegelreflexkamera

Aufbau einer digitalen Spiegelreflexkamera auch DSLR- oder D-SLR-Kamera (Digital Single Lens Reflex-Kamera) genannt:

„1) Das einfallende Licht wird von den Objektivlinsen je nach Linsentyp mehrmals gebrochen und auf einen Kippspiegel geleitet.

2) Der Kippspiegel leitet das Licht auf die Einstellscheibe weiter.

3) Nach Betätigen des Auslöseknopfs wird der Kippspiegel nach oben geklappt, der Verschluss öffnet sich und das Licht wird auf die Filmebene bzw. Bildsensor gelenkt. Im Augenblick der Aufnahme wird das Licht nicht mehr zum Pentaprisma weitergeleitet.

4) Der Bildsensor wandelt die Lichtsignale in digitale Werte um und kann dann alle Bildinformationen so aufbereiten, dass der Mikrocomputer der Kamera diese Informationen in einer Datei (z. B. JPEG-Format) speichert.

5) Die Einstellebene leitet das Licht zu einer speziellen Sammellinse weiter.

6) Die Sammellinse, auch Feldlinse genannt, fokussiert die Lichtstrahlen und leitet sie dann zu einem sogenannten Pentaprisma weiter.

7) Das Pentaprisma lenkt die Lichtstrahlen dann schließlich zum (Spiegelreflex-)Sucher weiter.

8) So wie das Auge sieht der Fotograf das Motiv dann im Sucher.“ (Burgard 2016)

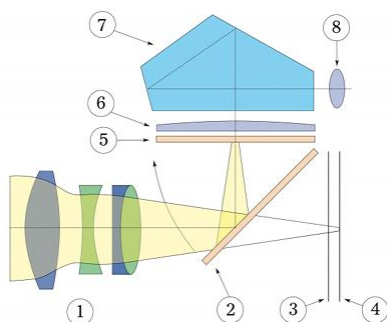


ABBILDUNG 36 SPIEGELREFLEXKAMERA BURGARD (2016)

5.3.3.2 Bildsensor

„Der Bildsensor ist das Herzstück einer DSLR-Kamera und hat die Aufgabe, das einfallende Licht in digitalen Informationen um- zuwandeln. Man unterscheidet zwei Arten von Halbleiter-Sensortypen:

- *CCD-Sensor (Charge-Coupled Device)*
- *CMOS-Sensor (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)*

Beide Sensortypen basieren auf demselben Prinzip und bestehen aus vielen lichtempfindlichen Zellen bzw. Pixeln, die das Licht (Photonen) in elektrische Signale umwandelt. Nach der vollständigen Belichtung werden die Signale mittels Verstärker dann in digitale Signale umgewandelt (Analog-Digital-Wandlung). Die Verstärkung wird über die eingestellte Lichtempfindlichkeit gesteuert.

Jede Zelle des Bildsensors kann nur Helligkeitswerte (Graustufen) aufnehmen. Ein überlagerter Filter filtert dann für eine Zelle entweder nur den roten, grünen oder blauen Anteil der Farbe aus. Da das menschliche Auge jedoch mehr grünempfindlich ist, wird für etwa 50 % der Zellen die Farbe Grün gefiltert. Die restlichen 50 % teilen sich zu gleicher Hälfte Rot und Blau. Dieses Filterverfahren wird als „Bayer-Filter“ bzw. „Bayer-Pattern“ (nach einem Namen eines Wissenschaftlers von der Firma Kodak) bezeichnet. Der Bayer-Filter nimmt auch benachbarte Zellen zur Berechnung der tatsächlichen Farbe heran. Diese Verfahren werden auch als Farbbinterpolation bezeichnet.“. so Burgard (2016).

Preislich sind CMOS-Sensoren höher angesiedelt als CCD-Sensoren.

5.3.3.3 Pixelgröße, Anzahl der Pixel je Quadratmillimeter

Derzeit besitzen alle Sensoren eine Pixelgröße im Mikrometerbereich (μm). Die Anzahl der Mega-Pixel die der Sensor enthält liegt derzeit bei den Digitalkameras zwischen 2 Mega-Pixel und 36 Mega-Pixel. Die Profikameras liegen im Bereich von 50 Mega-Pixel.

Bei 2 Mega-Pixel hatte man eine Fläche von 1.732×1.155 bei 8 Mega-Pixel bereits eine Fläche von 3.464×2.309 Pixeln. Bei 36 Mega-Pixel hat man eine Auflösung von 7.348×4.899 Pixeln. Fotografen benutzen heute meist eine Kamera mit 16 – 20 Mega-Pixel.

Mehr Pixel sind dann von Vorteil, wenn man detailreiche Aufnahmen machen möchte oder extreme Vergrößerungen plant. Zur Qualitätssicherung sind aber die passenden Objektive, Stativ und eine sehr gute Beleuchtung notwendig.

5.3.3.4 Auslesetechnik und Verstärkung der elektronischen Signale des Prozessors

Der Sensor, die Hardware und die eingesetzte Software sind danach zuständig für die Aufbereitung des elektronischen Signals.

Somit kann es bei identischem Sensor zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Qualität kommen, je nach eingesetzter Software bzw. eingestellter Modi in der Software.

- Objektiv
- Gewählte Blende und Brennweite
- Lichtbedingungen
- Aufnahmebedingungen (Stativ- oder Handaufnahme)
- Fortschreitende Technik bei Hardware und kamerainterne Software
- Nachbearbeitungssoftware
- Druckstufe
- Bildmodus
 - RAW,
 - JPEG,
 - TIFF etc., die kamerainterne Bildbearbeitung für die Bildmodi RAW und JPEG –

Die Bildqualität jeder Kamera schwankt je nach dem Datenformat, in welchem die Aufnahme abgespeichert wird.

5.3.3.5 Kamerainterne Bildbearbeitung

Jede Kamera verarbeitet elektronische Impulse anders, dass gilt für RAW sowie für JPEG. Auch RAW wird immer von der Kamera bearbeitet.

Da sich grundsätzlich JPEGs nicht einfach vergleichen lassen, wenn sie von verschiedenen Kameras (kamerainternen Einstellungsvariablen sind mannigfaltig) stammen, sind Vergleiche schwierig, auch wenn viele Testlabore dies tun.

Die verschiedenen Hersteller legen bei den verschiedenen Kameramodellen die verschiedensten Schwerpunkte.

Ebenso ist RAW nicht vergleichbar, da die Hersteller die Rohdaten in den diversen Modellen unterschiedlich verarbeiten und unterschiedliche Rohdaten-Formate verwenden (Testmagazine und Labore verwenden heute den Camera-RAW-Konverter unter Lightroom oder DXO als Basis eines Vergleichs, leider sind die der Software vorausgehenden kamerainternen Veränderungen der elektronischen Impulse und sogar die Eingangsparameter in Camera-RAW und DXO je nach Modell unterschiedlich).

5.3.3.6 Objektiv

Sicher ist, dass die Qualität des Objektivs einen Einfluss auf die Bildqualität besitzt. Ebenso verlangt ein Sensor mit hoher Pixeldichte eine bessere Optik.

Daraus folgt, dass für die Bildqualität die Qualität des Objektivs ausschlaggebender ist als die Pixelzahl.

Die meisten Kameras werden mit einem sogenannten Kit-Objektiv getestet, d.h. es wird im Grund nicht die Leistung der Kamera, sondern die des zwangsläufig preiswerten Objektivs bewertet.

5.3.3.7 gewählte Blende und Brennweite

Jedes Objektiv besitzt bei einer bestimmten Blende seine höchste Schärfe.- meist als förderliche, kritische oder optimale Blende bezeichnet. Exakt diese hängt jedoch wieder maßgeblich von der Pixeldichte des Sensors ab. D.h. wenn man z.B. beim Vollformat eine 22 MP Canon 5DIII mit einer 36 MP Nikon D800/E/D810 vergleicht, so ist es nicht korrekt, die Schärfe bei identischer Blende zu vergleichen. Hier müsste man jeweils die optimale Blende des Objektivs und die förderliche Blende der Kamera mit berücksichtigen.

Vor allem bei den heute verwendeten Zooms spielt die gewählte Brennweite eine erhebliche Rolle bei der Bildqualität. Jedoch auch andere Festbrennweiten als die mit der Kamera ursprünglich getestete, verändern immer die Bildqualität.

5.3.3.8 Lichtbedingungen

Helles Tageslicht oder optimale Studiobeleuchtung sind Grundvoraussetzungen für optimale Bilder.

Allerdings können unter diesen Bedingungen heute fast alle Kameras - unabhängig vom Hersteller oder der Pixel-Anzahl - herausragende Fotos erzeugen.

5.3.3.9 Aufnahmebedingungen (Stativ- oder Handaufnahme)

Scharfe Bilder lassen sich nur mit Stativ erzeugen. Je mehr Pixel eine Kamera besitzt und je dichter diese auf dem Sensor platziert sind, umso schneller wird ein Verwackeln im Bild negativ sichtbar.

In den letzten beiden Jahrzehnten fand ein unglaublicher Fortschritt sowohl bei der Hardware (Sensoren etc.) als auch der kamerainternen Software zum Auslesen, Be- und Verarbeiten der Daten statt.

Die ersten Digitalkameras Mitte der 1990er Jahre mit 640*480 Pixel (= 0,3 Mega-Pixel) produzierten für heutige Ansprüche absolut inakzeptable, verrauschte und farbverschobene Fotos.

5.3.3.10 Nachbearbeitungssoftware

Die Grafikprogramme wurden in den letzten Jahrzehnten derart weiterentwickelt, dass sie tausende Funktionen beinhalten und aus jedem halbwegs brauchbaren Foto ein herausragendes Bild gestalten können (bei geschultem Umgang mit dem Programm).

Auch automatisch arbeitende Programme, die erstaunlich komplexe Vorgänge wie HRDI (erweiterter Belichtungsumfang), Focus-Stacking (unendliche Schärfentiefe), Panoramen, komplizierteste Objektivkorrekturen, oder das komplette Hinausretuschieren von Personen aus Bildern - wie den immer überfüllten Plätzen vor Sehenswürdigkeiten - automatisch erfüllen sind bereits am Markt.

5.3.3.11 Druckstufe

Nicht ganz unwichtig ist sowohl die Fotopapierqualität und die Technik zur Ausbelichtung digitaler Bilder. Die Entwicklungen der letzten Jahre machen es sogar hier möglich, dass selbst mit der billigsten Pocket-Kamera, guter Technik sowie gutem Papier bei guter Ausbelichtung hochwertige Bilderergebnisse produzieren werden.

Die Bildqualität wird oft verwendet aber es gibt derzeit keine wissenschaftliche Definition nur für Teilaspekte wie: Schärfe, Detailauflösung, Bildauflösung, Auflösung, Linienpaare je Bildhöhe LP/BH, Farbtreue (DeltaE), Detailtreue, Textur / Texturtreue / Texturverlust, Feinzeichnung, Kurtosis, Kontrast, Dead Leaves, MTF-25- MTF-50- Messung, Bildrauschen, Dynamik-Umfang usw.

Die Teilbereiche erscheinen unübersichtlich, komplex und beschreiben dennoch nicht die Gesamtheit des Bildeindrucks.

Der Bildeindruck und somit die Bildqualität scheint eher subjektiv.

Dass die Subjektivität inzwischen auch von Fachzeitschriften indirekt eingestanden wird, zeigt sich z.B. an den Testkriterien von Chip, die von einer visuellen Beurteilung durch Kamera-Experten und Test-Ingenieuren sprechen.

Fazit bei der Betrachtung der Digitalkameras von Burgard 2016

„Digitale DSLR-Kameras eignen sich auch für die Digitalfotografie aus folgenden Gründen am besten:

- Kamera kann manuell eingestellt werden. Die Auslösegeschwindigkeit ist extrem gut.
- Die Belichtung kann manuell oder automatisch bzw. teilautomatisch eingestellt werden.
- Hohe Blendenwerte für eine ausreichende Schärfentiefe können eingestellt werden.
- Motiv kann manuell fokussiert werden (manuelle Linseneinstellung).
- Das Objektiv kann gewechselt werden, d. h. der Fotograf kann je nach Anwendungsbereich das richtige Objektiv auswählen (z. B. hochwertiges Makroobjektiv in der Dentalfotografie kann eingesetzt werden).
- Die Schärfentiefe kann mittels Knopf schnell überprüft werden.
- Gewählter Abbildungsmaßstab wird korrekt ins Bild übertragen.
- Hochwertige Blitzlichtsysteme können verwendet werden.

- Eine große Auswahl von Zubehör wird angeboten.
- Gewicht und Maße sind akzeptabel.
- Eine hochwertige DSLR-Kamera kann mittlerweile relativ günstig erworben werden“ Burgard (2016).

5.4 Entwicklung einer eigenen Messmethode

Nachdem die verschiedenen Messmethoden in der Medizin und die dreidimensionalen Messmöglichkeiten für Körper dargestellt wurden kann zusammengefasst werden, dass mit diesen bisherigen Messmöglichkeiten für Schädel entweder ein hoher Zeitaufwand, hohe Kosten oder viel Erfahrung und Können des Untersuchers grundlegend sind, manche sind sogar invasiv.

Da in den letzten Jahren die Zahl der Plagiozephalien stark zugenommen hat und es außer der visuellen Kontrolle keine Möglichkeiten für die niedergelassenen Pädiater gibt die Form des Neugeborenen bzw. Säuglingsschädels bei den U- Untersuchungen zu kontrollieren bzw. zu dokumentieren wurde nach einer neuen Methode gesucht.

Mit dem Wissen um die bisherigen Messmöglichkeiten in der Medizin und an dreidimensionalen Körpern wurde die einfache Möglichkeit der digitalen Fotografie gewählt.

Es erscheint sinnvoll, eine Messmethode anhand von Bildern zu entwickeln, damit die Nachweisbarkeit einer Schädelformauffälligkeit, die Reproduzierbarkeit der Diagnostik, die Dokumentation des Verlaufes und weitere Grobdiagnostik ohne zwingende Anwesenheit des Patienten bei Spezialisten stattfinden kann.

Die Fotos können sowohl von Angehörigen als auch in der Praxis entstehen. Diese Bilder können dann per Datei bzw. scan zu den Programmbetreibern (diese könnten evtl. an Kliniken angesiedelt sein) gesendet werden zur Vermessung. Dadurch könnten mittels Referenzwerte die Notwendigkeit zur Vorstellung beim Facharzt diagnostiziert werden.

Über die Aufnahme der Bilddokumentation bei visuell auffälligen Kindern in die Vorsorgeuntersuchungen könnte sowohl eine frühzeitige Diagnostik als auch eine Dokumentation erfolgen. Dadurch können Kinder den verschiedenen Therapiemöglichkeiten zum optimalen Zeitpunkt zugeführt werden.

5.4.1 Anwendbarkeit der gängigen Messmethoden bei Säuglingen in einer Praxis

Die Anwendbarkeit in der täglichen Praxis ist für CT, MRT, Röntgen und Sonographie aus folgenden Gründen für Neugeborene eingeschränkt:

- Hoher Belastungsfaktor für das Kind in Form von Strahlen
- Belichtungszeit zum Teil zu lange für einen Säugling
- Hohe Anschaffungskosten der technischen Geräte
- Hohe Kosten der Durchführung
- Nicht für mobilen Einsatz geeignet

Um einen dokumentierten Nachweis zu schaffen, wurde auf das Fotoverfahren zurückgegriffen und folgende Methode entwickelt.

Der Grundgedanke ist, eine eigene Messmethode zur Feststellung von Schädelformveränderungen bzw. Schädelasymmetrien zu entwickeln.

- Die Anwendbarkeit in der Praxis soll - begünstigt durch geringen zeitlichen und finanziellen Aufwand - durchführbar sein.
- Aus den „Grundlegenden Betrachtungen zur Messung“ folgt, dass Aufnahmen mit einer Digitalkamera von ventral und cranial ausreichend sein können.

Da bei der Wahl der Fixpunkte in einer Ventralaufnahme wegen der Weichteilummantelung des Kopfes keine knöchernen Bezugspunkte gewählt werden können, werden folgende Fixpunkte gewählt:

- Augeninnenwinkel (Da innen geringere Weichteilbeweglichkeit als außen)
- Mundwinkel (evt. Nicht zwingend nötig)
- Nasenwurzelmittelpunkt
- Oberlippenmittelpunkt.

5.4.2 Beschreibung der eigenen Fotomessmethodenentwicklung

Die Messmethode arbeitet mit zwei Zielparametern:

- 1) der Umfangspiegelung
- 2) der Winkeldarstellung

5.4.2.1 Prinzip der Umfangsspiegelung

Das bearbeitete Foto muss eine senkrechte Aufnahmerichtung von cranial aufweisen. Dabei werden die Forderungen von Ettore et al. (2006) und Schaaf et al. (2006) beachtet.

Um den Kopfumfang genau darstellen zu können ist der (siehe Grundlagen der Vermessung) ausreichende Abstand zum Objekt (Kopf) nötig.

Das für diesen Fall benutzte Programm bietet Folgendes:

Die Messung erfolgt in zwei Schritten.

Der erste Schritt besteht in der Bestimmung der Mittellinie, die die Symmetrale darstellt. Hierbei wird folgendes definiert: die Symmetrale geht immer durch den Nasenansatz als ersten Punkt und durch die Mitte der Helixverbindungslinie.

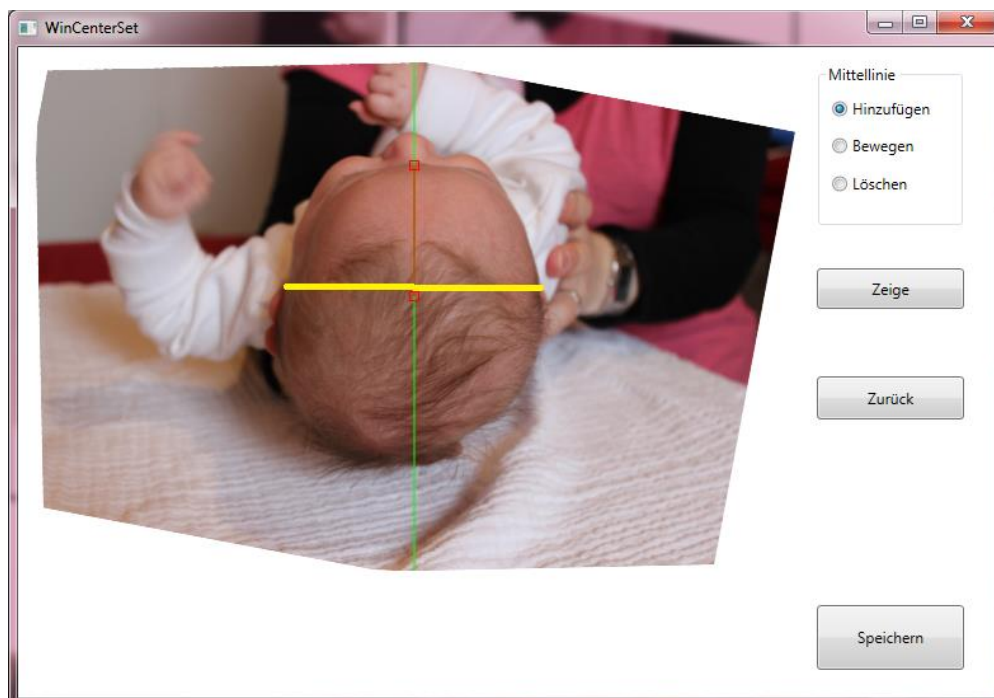


ABBILDUNG 37: BESTIMMUNG DER SYMMETRALE - ©KLEEMANN 2015

Beide Punkte zur Bestimmung der Symmetrale werden manuell im Bild markiert (orange Quadrate).

Der zweite Schritt besteht im Markieren von verschiedenen Punkten des Schädelrandes auf dem Bild. Dadurch wird der Schädelumfang definiert.

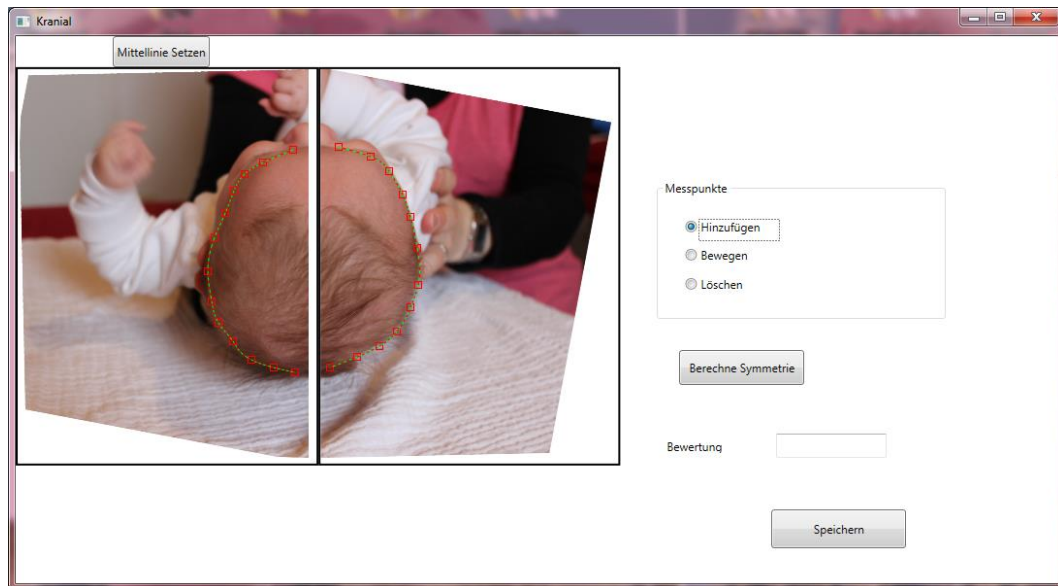


ABBILDUNG 38: BESTIMMUNG DER UMFANGSLINIE -©KLEEMANN 2015

Wie im Bild ersichtlich werden die manuell gesetzten Punkte (orange Quadrate) durch Verbindungslinien zu einer glatten Kurve verbunden. In der Mathematik sind diese Linien unter dem Begriff Splinefunktionen bekannt. Abschliessend wird die Berechnung der A-/Symmetrie gestartet.

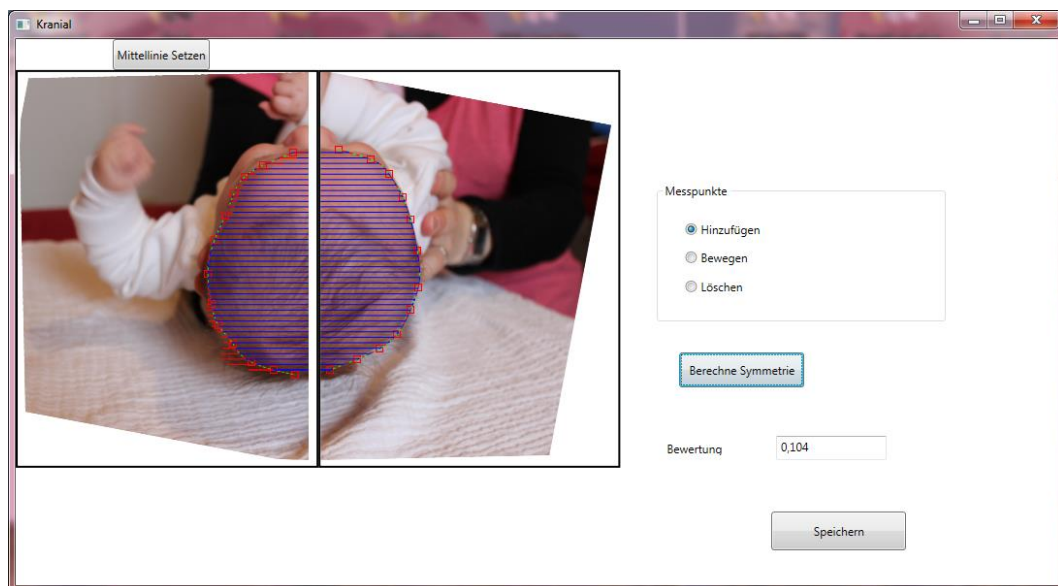


ABBILDUNG 39: BERECHNUNG DER ASYMMETRIE - ©KLEEMANN 2015

Durch die Darstellung der Umfangslinie (grün mit orangen Markierungsquadraten) und des Flächeninhaltes (blau) wird die Seitendifferenz (rote horizontale Linien) optisch an der linken Seite sichtbar gemacht.

Damit ein wachstumsunabhängiger Indikator entsteht wird die gesamte Flächendifferenz ins Verhältnis zur gesamten Fläche gebracht.

Dass heißt, ein Wert von 0 bedeutet vollkommene Symmetrie und ein Wert von 1 bedeutet vollkommene Asymmetrie.

Dies bietet im Vergleich mit späteren Untersuchungen und Ergebnisdarstellungen eine Vergleichsmöglichkeit.

Das Ergebnis wird im Zahlenbereich von 0 bis 1 angegeben.

5.4.2.2 Prinzip der Winkeldarstellung

Auch hier wird den Forderungen von Ettore et al.(2006) und Schaaf et al. (2006) entsprochen. Gleichzeitig wird sich an die bisherigen Vermessungen angelehnt.

Bei einer senkrechten Aufnahme von ventral werden in das Photo Augenlinie, Mittellinie und Mundlinie wie folgt eingezeichnet:

- Augenlinie: Beide Augeninnenwinkel werden angeklickt, und mittels einer Geraden verbunden
- Mundlinie: Beide Mundwinkel werden angeklickt und mittels einer Geraden verbunden
- Mittellinie: Oberlippenmittelpunkt und Nasenwurzelmittelpunkt werden als Referenzpunkte angeklickt und mittels einer Geraden verbunden

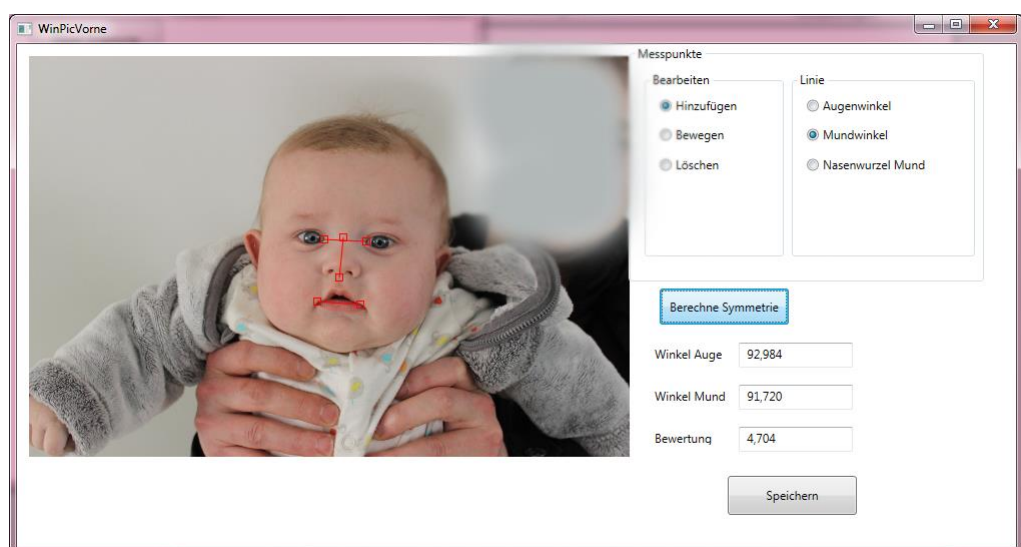


ABBILDUNG 40: WINKELDARSTELLUNG – ©KLEEMANN 2015

Da die Augeninnenwinkel nicht aktiv muskulär angesteuert werden und die Gesichtsmimik diese nicht verändert kann man sie als Fixpunkte betrachten.

Ebenso stellt die Nasenwurzel einen knöchernen Fixpunkt dar. Da auch hier die Muskulatur lediglich eine Verschiebung der äußersten Nasenspitze bewirken kann, darf auch die Linie des Nasenrückens als fix betrachtet werden.

Nur die Mundlinie könnte z.B. im Falle einer klinisch deutlichen Facialisparesie verändert sein.

Zur Winkelbestimmung würden aber die Augenlinie und die Mittellinie ausreichen um einen vergleichbaren Wert zu ermitteln.

Winkelbestimmung:

Es ergeben sich aus dem so verarbeiteten Bild verschiedene Winkel bzw. Parallelen

- Augenlinie und Mittellinie bilden einen Winkel
- Mundlinie und Mittellinie bilden einen Winkel
- Augenlinie und Mundlinie bilden einen Winkel oder eine Parallele

Bewertung:

Nachdem im optimalen Fall die Augenlinie und Mundlinie parallel sind und senkrecht zur Mittellinie stehen, kann man ein Maß für die Abweichung bestimmen.

Winkel : Augenlinie – Mittellinie optimal = 90°

Winkel: Mundlinie – Mittellinie optimal = 90°

Winkel: Augenlinie – Mundlinie optimal = 0°

Das Maß für die Abweichungen sind die Abweichungen selbst, d. h.

Abweichung Winkel : Augenlinie – Mittellinie = 90° -gemessener Wert.

Abweichung Mundlinie – Mittellinie = 90° -gemessener Wert.

Abweichung Augenlinie – Mundlinie = 0° -gemessener Wert.

Durch Vergleich dieser Winkel, welcher zu unterschiedlichen Aufnahmezeiten gemessen wurden, ist eine Schädelauffälligkeit dokumentierbar.

Bei dieser Messmethode wird die Summe der absoluten Abweichungen in Winkelgrad des Augenwinkels und des Mundwinkels in Zahlen dargestellt.

Grundlegend würde ein Winkel – am besten Augenwinkel ausreichen.

5.4.3 Mathematische Machbarkeit der Methode

Da die ersten zwei zu erlangenden Messergebnisse eine Winkelbestimmung in einer Ebene sind, genügt ein Ventralfoto des Kindes. Begründung: die Projektion der senkrechten Gesichtsmittellinie und der vermessenen Geraden (durch Augen

und Mund) auf eine zu den Geraden parallele Ebene verzerrt den zu messenden Winkel nicht (Tomic 2003). Der Abbildungsmaßstab beeinflusst den zu messenden Winkel auch nicht.

Zur Illustration der Abbildung von Winkeln folgendes Bild (eigene Darstellung):

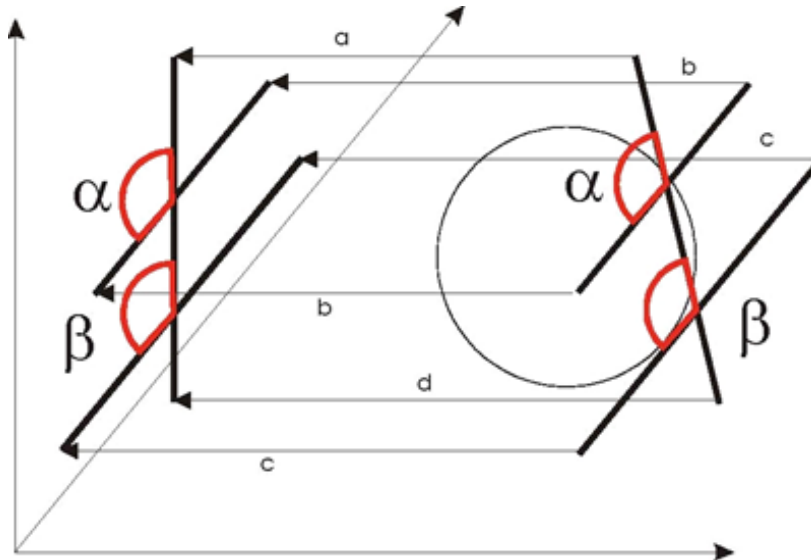


ABBILDUNG 41: ILLUSTRATION DER WINKELABBILDUNG – TOMIC 2003

Die Bestimmung der Umfangslinie ist aufwendiger. Die Umfangslinie ist die Schnittgerade zwischen der Schädeldecke und einer gedachten transversalen Ebene. Die Schnitthöhe wird dabei durch den größten von cranial sichtbaren Umfang bestimmt.

Dies würde entweder ein dreidimensionales Abbild oder eine Projektion von cranial benötigen. In einem dreidimensionalen Abbild kann man durch den Vergleich aller zu errechnenden Schnittgeraden die mit dem größten Umfang bestimmen. Bei einer Projektion von cranial ist die äußere Begrenzungslinie der Projektion zugleich die gesuchte Umfangslinie.

Zur Illustration der Abbildung von Umfangslinien, folgendes Bild(eigene Darstellung):

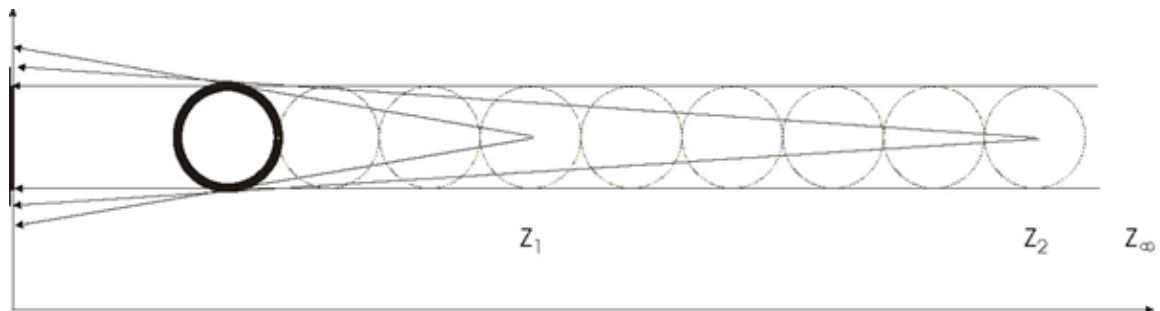


ABBILDUNG 42: ILLUSTRATION DER UMFANGSLINIENDARSTELLUNG - TOMIC 2003

Da unsere Projektion eine planparallele Projektion ist, wir aber nicht die Möglichkeit haben eine planparallele Projektion von cranial zu erstellen, bedienen wir uns einer Annäherung mit einer zentrischen Projektion (Betrachtung von einem Punkt) (Tomic 2003).

Wenn dieses Zentrum weit genug vom Objekt entfernt ist (5 – 10 facher Objektdurchmesser), ist der Fehler, welcher entsteht, vernachlässigbar, weil sich die durch eine zentrische Projektion erzeugte Umfangslinie der planparallelen Projektion annähert.

5.5 Fehlerquellen

Es gibt technikbedingte Fehlerquellen und durch die Handhabung bedingte Fehlerquellen.

5.5.1 Technische Fehlerquellen

- Optik- bzw. Linsenfehler
- CCD-Chip zur digitalen Umwandlung
- Einfache mathematisch – geometrische Betrachtung der Aufnahmen
- Ungenauigkeit durch 2-D-Auswertung
- Ungenauigkeit des Bildes
- Genauigkeit des Auswertenden

5.5.1.1 Optik- bzw. Linsenfehler:

Folgende Optik- bzw. Linsenfehler können auftreten

- Chromatische Aberration / Farblängenfehler
- Sphärische Abberation
- Astigmatismus

- zu Chromatische Aberration / Farblängenfehler verschiedenfarbiges Licht wird nicht um den gleichen Betrag abgelenkt. Dieser Fehler wird durch chromatisch korrigierte Linsen behoben.

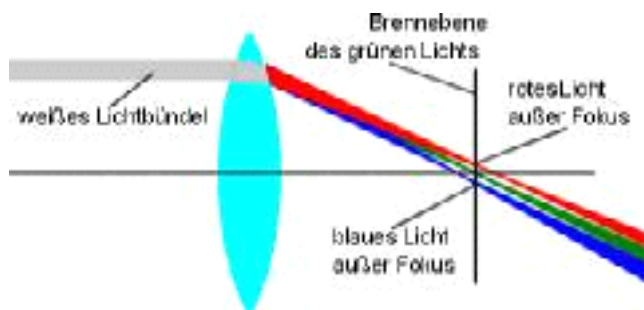


ABBILDUNG 43: CHROMATISCHE ABERRATION TUDORIC GHEMO 1984

➤ Zu Sphärische Abberation

Bei kostengünstigen Linsen ist deren Oberfläche eine Kugelfläche. Dies entspricht nur annähernd den physikalischen Erfordernissen, denn sphärische Linsen lenken Lichtstrahlen am Rand ein wenig zu stark ab. Dieser Fehler wird durch asphärischen Linsen korrigiert.

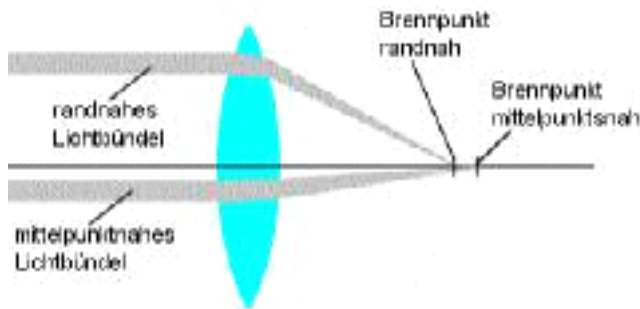


ABBILDUNG 44: SPHÄRISCHE ABBERATION TUDORIC GHEMO 1984

➤ Zu Astigmatismus

Schräg einfallende, winzige runde Lichtbündel werden nicht als kleine Kreise abgebildet sondern oval bis zu einem kurzen Strich hin. Im Objektivbau wird der Astigmatismus durch Verwendung von mehreren Linsen mit unterschiedlichen Linsenformen stark reduziert. (Caspar, 1997)

Alle oben erwähnten Linsenfehler (Chromatische Aberration / Farblängenfehler, Sphärische Abberation und Astigmatismus) sind in den heute handelsüblichen Kameras soweit minimiert, dass sie für diese Anwendung nicht zum Tragen kommen

5.5.1.2 CCD-Chip zur Digitalen Umwandlung

Eine weitere Fehlerquelle von Seiten der Kamera könnte der CCD-Chip (Sensorplatte) darstellen. Die Lichtinformation wird in ca. 3 – 5 Millionen Bildpunkte umgewandelt. Der verwendete Chip ist angegeben mit weniger als 1 Promille Messfehler. Dieser Messfehler ist somit vernachlässigbar. (Kodak, 2003)

5.5.1.3 Ungenauigkeit durch 2- D-Auswertung

Obwohl in Wirklichkeit der kindliche Schädel dreidimensional und durch die Fotoprojektion nur eine zweidimensionale Auswertung möglich ist, wurde im

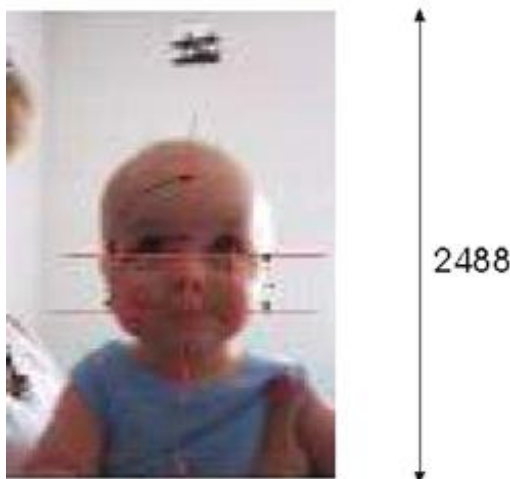
Abschnitt “Grundlegende Betrachtungen zur Messung“ (siehe 5.3.1) gezeigt, dass dies keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit hat

5.5.1.4 Nichteindeutigkeit der Bestimmungen der Bezugspunkte im Bild

Durch die fließend weichen Konturen des Objektes ist eine punktgenaue Bestimmung der Linien nicht zu 100% möglich.

- Fehlerabschätzung für die Winkelbestimmung:

Die verwendete Kamera liefert Bilder mit einer Auflösung von 2488 Bildpunkten horizontal und 1632 Bildpunkten vertikal. Im ungünstigsten Fall wird nur ca 30 % horizontal sowie vertikal des nutzbaren Bereiches für die Abbildung der Kinder verwendet. Bei um 90 ° gedrehten Bildern sind die Angaben entsprechend zu vertauschen.



1632

ABBILDUNG 45: WINKELBESTIMMUNG – FEHLERABSCHÄTZUNG –
©KLEEMANN 2004

Die verwendeten Vermessungslinien werden vom Computer versetzt dargestellt. Dadurch erscheinen die Linien im Bild grob und ungenau. Die Berechnungen basieren auf den Pixelanklickpunkten und sind vollautomatisch und dadurch genau.

Bei starker Vergrößerung der Augenlinie (Verbindung beider Augeninnenwinkel) sieht man, dass der Abstand zwischen beiden Augeninnenwinkeln durch 14 Bildpunkte oder Pixel gebildet wird.

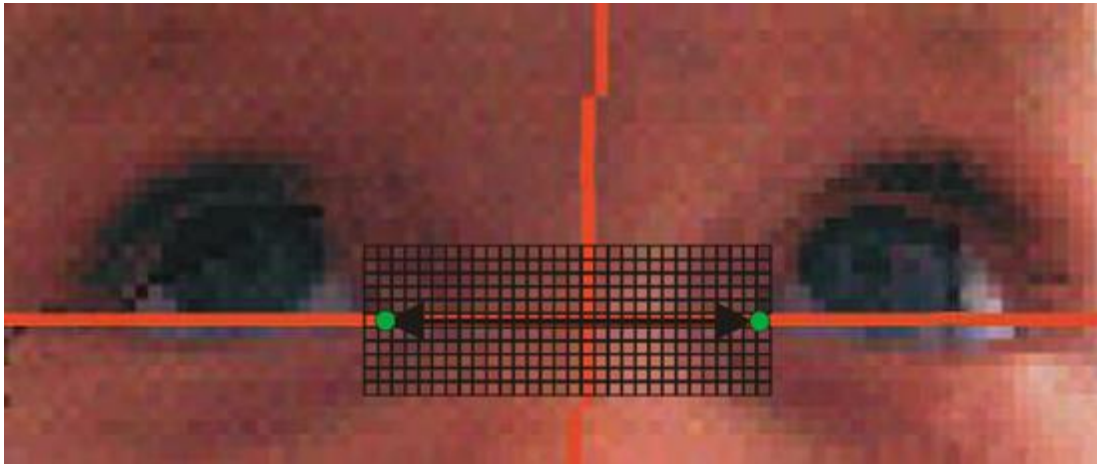


ABBILDUNG 46: AUGENLINIE P1

P2 - ©KLEEMANN 2004

Der Winkel zwischen der Horizontalen und der Augenlinie errechnet sich aus dem Unterschied der Koordinaten in Bildpunkten

$$\text{Winkel} = \tan^{-1}(\text{vertikaler Unterschied Pixel}) / (\text{horizontaler Unterschied Pixel})$$

In diesem Fall

$$\theta = \tan^{-1} (0 / 28) = 0^\circ$$

Bei einer Abweichung der Punktbestimmung (rechter Punkt) um ein Pixel horizontal links:

$$\theta_{h-1} = \tan^{-1} (0 / 27) = 0^\circ$$

Bei einer Abweichung um ein Pixel horizontal rechts:

$$\theta_{h+1} = \tan^{-1} (0 / 28) = 0^\circ$$

Bei einer Abweichung um ein Pixel vertikal nach oben:

$$\theta_{v+1} = \tan^{-1} (1 / 28) = 2,0^\circ$$

Bei einer Abweichung um ein Pixel vertikal nach oben und horizontal rechts:

$$\theta_{v+1,h+1} = \tan^{-1} (0 / 28) = 0^\circ = \tan^{-1} (1 / 29) = 1,9^\circ$$

$$\theta \text{ max absolut} = 2,0^\circ$$

Der Winkel zwischen der Horizontalen und der vertikalen Kopfmittellinie errechnet sich aus den dem vergrößerten Bild entnommenen Daten

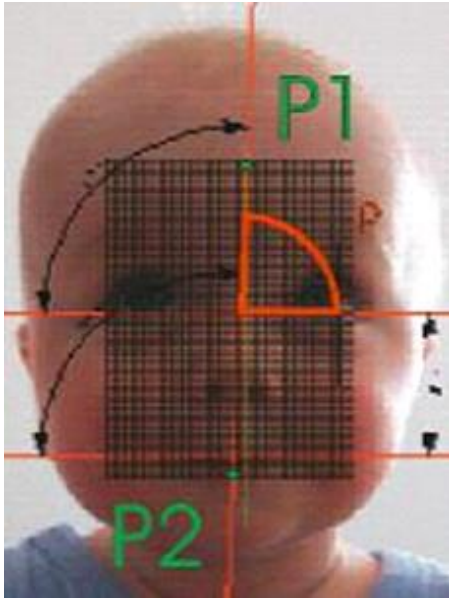


ABBILDUNG 47: WINKELDARSTELLUNG – ©KLEEMANN 2004

$$P1x - P2x = 4 \text{ Pixel}$$

$$P1y - P2y = 67 \text{ Pixel}$$

$$\rho = \tan^{-1} (67 / 4) = 86,6$$

Bei einer Abweichung um ein Pixel vertikal nach oben und horizontal rechts:

$$\rho_{v+1,h+1} = \tan^{-1} (68 / 5) = 85,8^\circ$$

Bei einer Abweichung um ein Pixel vertikal nach oben und horizontal links:

$$\rho_{v+1,h+1} = \tan^{-1} (68 / 3) = 87,5^\circ$$

$$\rho_{\text{max absolut}} = 0,9^\circ$$

Daraus folgt der Winkel ω zwischen der Kopfmittellinie und der Augenlinie

$$\omega = \rho - \theta$$

$$\omega = 86,6^\circ - 0^\circ = 86,6^\circ$$

Der maximale Fehler ϕ addiert sich dabei zu :

$$\rho_{\text{max absolut}} + \theta_{\text{max absolut}}$$

$$\varphi_{\max} = 0,9^\circ + 2,0^\circ = 2,9^\circ$$

θ Theta ; ρ Rho ; ω Omega ; φ Phi

Ergebnis:

der maximale Fehler beträgt $\varphi_{\max} = 0,9^\circ + 2,0^\circ = 2,9^\circ$

der minimale Fehler $\varphi_{\min} = \theta_{v+1} - \theta_{v+1, h+1} = 2,0^\circ - 1,9^\circ = 0,1^\circ$

ergibt sich aus dem kleinsten Unterschied zweier Messwerte, wenn dieser nicht 0 ist.

5.5.2 Genauigkeit des Auswertenden

Je nach individueller, manueller Geschicklichkeit des Auswertenden kommt es zu gewissen Abweichungen, die bei Bemühung um genaue Bildbearbeitung, sowie einer größtmöglichen Bildvergrößerung am Monitor vernachlässigbar werden.

Um diese Genauigkeit zu untersuchen haben fünf verschiedene Personen am selben Bild Vermessungspunkte eingetragen und Winkel bestimmt.

- Beurteilung der Zuverlässigkeit im Therapeutenvergleich

Fünf verschiedene Personen haben in demselben Bild fünf mal eine Winkelbestimmung des Augenwinkels durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle aufgeführt

Versuch \ Person	Person A	Person B	Person C	Person D	Person E
1. Versuch	87,47 °	86,63 °	85,79 °	86,63 °	85,73 °
2. Versuch	87,44 °	85,73 °	85,73 °	86,58 °	87,47 °
3. Versuch	86,53 °	87,40 °	87,44 °	86,63 °	85,67 °
4. Versuch	86,53 °	85,73 °	85,67 °	86,53 °	86,58 °
5. Versuch	87,44 °	87,47 °	87,47 °	87,44 °	87,44 °

**TABELLE 21 ZUVERLÄSSIGKEIT DER MESSMETHODE IM
THERAPEUTENVERGLEICH – WINKELBESTIMMUNG DES AUGENWINKELS**

Mittelwert pro Kandidat	87,08 °	86,59	86,42 °	86,76 °	86,58 °
-------------------------	---------	-------	---------	---------	---------

TABELLE 22 MITTELWERT - AUGENWINKELBESTIMMUNG IM

Mittelwert aller Kandidaten:	86,69
------------------------------	-------

Absolutwert der Abweichung der Kandidaten vom Mittelwert:	0,39 °	0,09 °	0,27 °	0,08 °	0,11 °
---	--------	--------	--------	--------	--------

TABELLE 23 ZUVERLÄSSIGKEIT DER MESSMETHODE IM

Durchschnittliche Abweichung der Kandidaten	0,19 °
---	--------

Ergebnis: Die durchschnittliche Abweichung der Kandidaten beträgt 0,19°.

5.6 Zuverlässigkeit des entwickelten Messverfahrens

- Beurteilung der Genauigkeitskriterien der Winkeldarstellung

Aufgrund der genannten Bestimmungsfehler ist es möglich, eine Fehlerabschätzung vorzunehmen:

Der im Beispiel bestimmte Winkel ω beträgt $86,6^\circ$

Der maximale Fehler ϕ_{\max} ist $2,9^\circ$.

Der minimale Fehler ϕ_{\min} ist $0,1^\circ$

Der maximal prozentuelle Fehler kann somit mit $(2,9^\circ / 86,6^\circ) = 0,03$ angegeben werden.

Der minimale prozentuelle Fehler kann mit $(0,1^\circ / 86,6^\circ) = 0,001$

Ein so erzielt Ergebnis - mit einer Messungenauigkeit von minimal 0,1 % und max 3% ist als sehr gut anzusehen.

In den hier bearbeiteten Bildern wurde ein typischer Fehler von $< 1\%$ erreicht, was einen Fehler von $< 0,1^\circ$ ausmacht. Dieser typische Wert wurde durch wiederholtes Messen belegt.

- Beurteilung der Genauigkeitskriterien der Umfangsspiegelung

Es ist abhängig von der Anzahl der benutzten Anklickpunkte, wie genau dieses Ergebnis ist, bzw. wann sich der Fehler auf ein Minimum reduziert.

Die Umfangsspiegelung ist durch den Seitenvergleich eine günstige Untersuchungsmethode, da das Größenwachstum des Kopfes außer Acht gelassen werden kann.

Somit hat sich der Seitenunterschied / Asymmetrie entweder verändert oder nicht – dadurch ist eine klare Aussage über eine Schädelformauffälligkeit möglich.

Bei der Programmentwicklung stellte sich heraus, dass 40 Punkte ausreichen um eine hinreichend präzise Umfangsdarstellung zu ermitteln.

5.7 Eigenschaften des Messverfahrens und der entwickelten Software

Durchgeführte Messungen haben diverse Vorteile und Schwächen ans Licht gebracht.

Folgende Vorteile konnten festgestellt werden:

- Effiziente Handhabung bei der Erfassung von Bildern durch gleichzeitiges Auslösen von 2 Kameras für die Cranialaufnahme und die Ventralaufnahme. Die beiden Kameras sind fest installiert und die Kinder werden auf dem Schoß eines Elternteils bzw. einer Hilfsperson so positioniert, dass gleichzeitig die beiden Aufnahmen unter den Vorgabebedingungen von Ettore et al. (2006) und Schaaf et al. (2006) entstehen.
- Die integrierte Datenbank erlaubt die Erfassung und Verwaltung der Patientendaten, die Speicherung der Messwerterfassung und die Vergleichsmöglichkeit unterschiedlicher Messungen.
- Es können externe Bildaufnahmen vom Programm übernommen werden.

Folgende Nachteile mussten registriert werden:

- Die Software hat bedingt durch das manuelle Setzen der Referenzpunkte eine gewisse Messempfindlichkeit

Für die maximale Abweichung ist das manuelle Setzen des Helixverbindungslinienmittelpunktes verantwortlich.

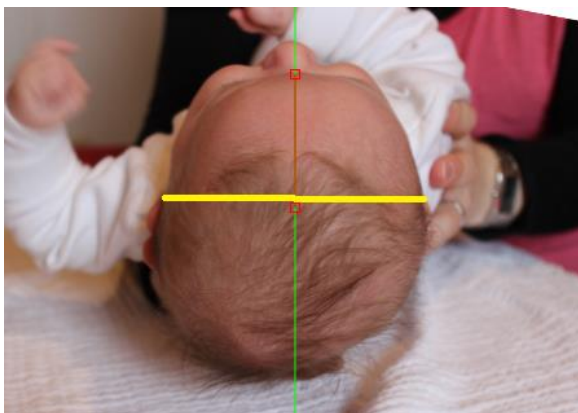


ABBILDUNG 48: HELIXVERBINDUNG AUTOMATISIERUNG – ©KLEEMANN 2015

Die Änderung ist bereits an den Softwareentwickler zur Modifikation abgegeben. Damit werden nur noch die Helixpunkte angesteuert und mit der Weiteren Markierung des Nasenwurzelmittelpunktes ist das Programm in der Lage die Symmetrale selbst exakt zu setzen.

5.8 Möglichkeit zur numerischen Auswertung

Die unten gezeigten Darstellungen illustrieren den Weg von der ersten Messmethodenanwendung bis zur Erstellung der Software zur rechnerischen Auswertung von Schädelaufnahmen.

Durch die so erstellte Software ist nun die Nachweisbarkeit der Objektivität und Messgenauigkeit gewährleistet, die den Anforderungen der Dokumentation und Reproduzierbarkeit in der Medizin gerecht wird. Die Validierung der Methode ist nun der nächste nötige Schritt.



**ABBILDUNG 49: FOTO VON
CRANIAL ©KLEEMANN 2004**

1. Schritt:

Das Fotografieren des Kindes so wie bereits beschrieben
(evtl. Haargel zur Reduzierung der Ungenauigkeit durch die Haare.)



**ABBILDUNG 50: SCHWARZ-WEIß –
©KLEEMANN 2004**

Jetzt beginnen die automatischen Schritte durch die Software ohne weitere manuelle Eingriffe.

2. Schritt – Umwandlung in ein Schwarz-Weiß-Bild

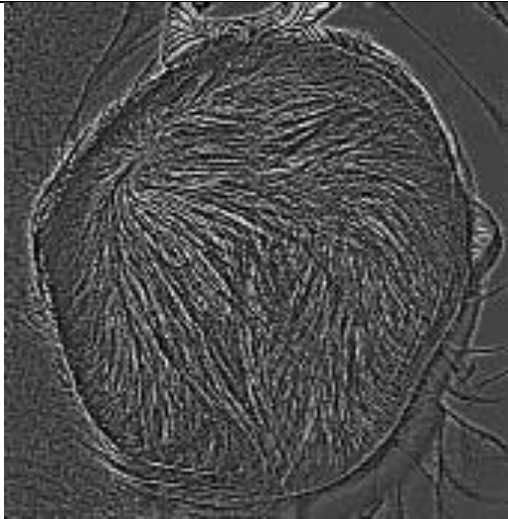


ABBILDUNG 51: KANTENDETEKTION
©KLEEMANN 2004

3. Schritt:
Kantendetektion und Identifizierung
des Kopfumfanges



ABBILDUNG 52: KOPFUMFANG
©KLEEMANN 2004

4. Schritt:
Isolierung des Kopfumfanges und
Superposition (Überlagerung) des
Kopfumfanges auf das Originalbild



ABBILDUNG 53: MITTELLINIE
©KLEEMANN 2004

5. Schritt:

Bestimmung der Mittellinie durch die Software. Manuelle Korrektur ist an dieser Stelle denkbar



ABBILDUNG 54:
UMFANGSPIEGELUNG ©KLEEMANN

6. Schritt:

Automatische Spiegelung der Umfanglinie an der Symmetrale

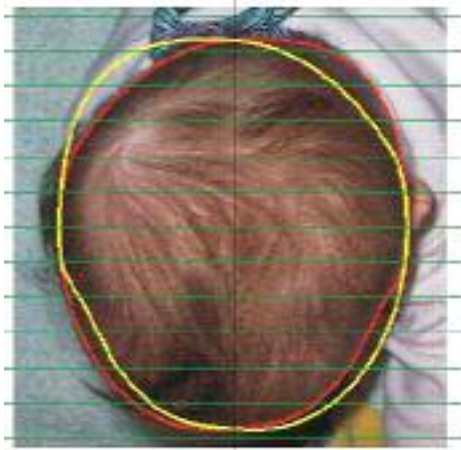


ABBILDUNG 55:
SCHICHTUNGSLINIEN –
©KLEEMANN 2004

7. Schritt: Markierung der
Schichtungslinien

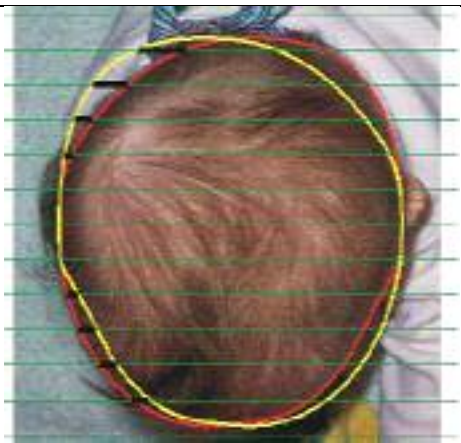
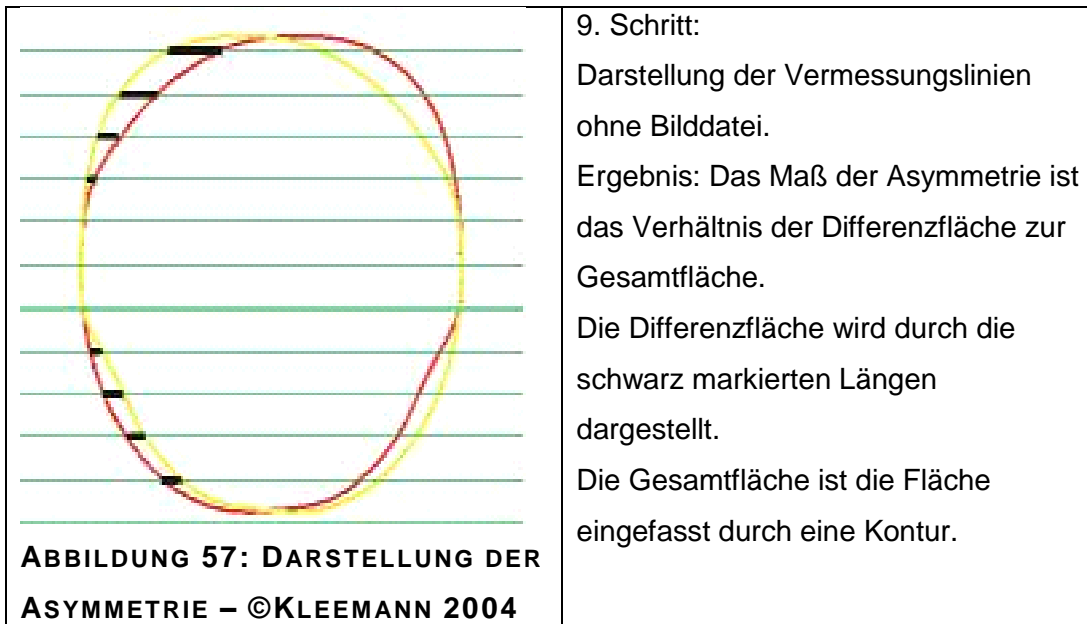


ABBILDUNG 56: SEITENDIFFERENZ
– ©KLEEMANN 2004

8.Schritt:
Vermessung der Seitendifferenz
mittels der Markierungslinien



Die Software für diese Messmethode wurde in den letzten Jahren von einer Softwarefirma umgesetzt und wartet mit Abschluss dieser Arbeit auf den praktischen Einsatz.

5.9 Darstellungsmöglichkeit des Maßes der Asymmetrie

5.9.1 in der kranialen Aufnahme

Das Maß der Asymmetrie wird als Verhältnis der Differenzfläche zur Gesamtfläche definiert.

Das Maß der Asymmetrie wird in Prozent dargestellt und ist damit vergleichbar, unabhängig von der absoluten Größe.

Berechnungsbsp.: Bei einem vollkommen symmetrischen Objekt ist die Differenzfläche 0% und damit die Asymmetrie Null.

Umgekehrt ist bei einem vollkommenen asymmetrischen Objekt die Asymmetrie und die Gesamtfläche 100% .

Der Grenzwert als Indikator zur Behandlungswürdigkeit bzw. Behandlungsbedürftigkeit ist dann über folgende Studien erst zu belegen.

5.9.2 in der ventralen Aufnahme

Das Maß der Asymmetrie wird als Summe der Winkelgradabweichungen von der 90° Stellung zur senkrechten Nasenlinie definiert.

Hierbei werden beide Winkel als Einzelwert dargestellt und über die Software als Summenwert „Bewertung“ ausgegeben. (Wobei das Ergebnis des Mundlinienwinkels aufgrund der aktiven Mundmotorik nicht eindeutig erscheint und ein Verzicht auf diese Linie zu diskutieren ist.)

5.10 Beispiele der Bilddarstellungen mit Auswertung mittels der entwickelten Messmethode

5.10.1 Ergebnisse bei der Erprobung der entwickelten Messmethode

Es wurden von einem Kind 5 verschiedene Aufnahmen hintereinander (innerhalb 2 Minuten gemacht) mit jeweils Absetzen und neu Ansetzen der Kamera.

- Ergebnis bei der Ventral-Winkelvermessungsmethde

Die Messungen weichen voneinander $< 1^\circ$ ab.

5.10.2 Winkeldarstellung von Ventralfoto

Symmetrisches Kind

Augenwinkel = 90°

Mundwinkel = 90°

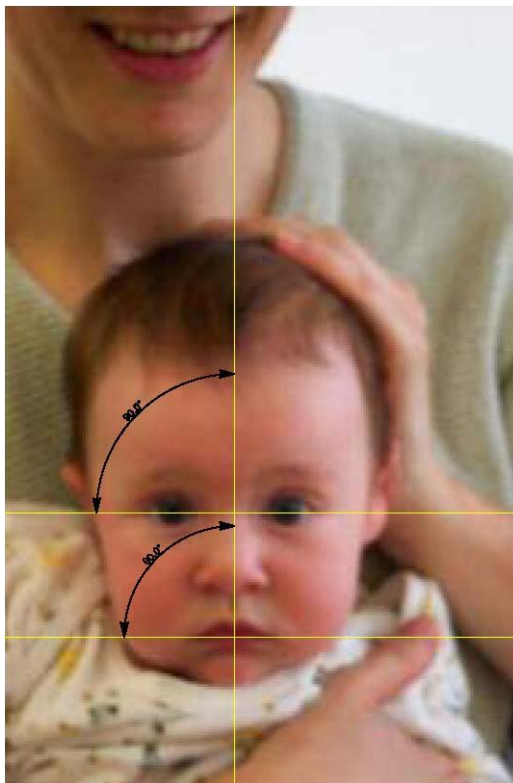
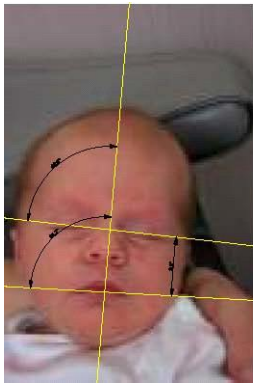


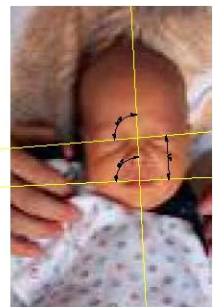
ABBILDUNG 58: WINKELDARSTELLUNG BSP. 1 – ©KLEEMANN 2004

Winkelvermessung von Ventralfoto

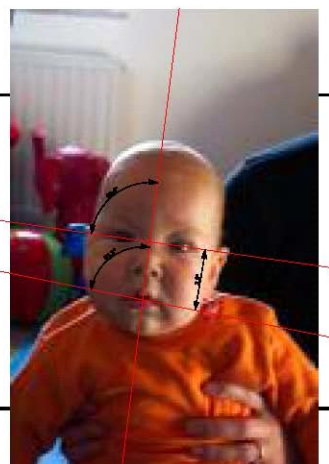
Asymmetrisches Kind 1

**ABBILDUNG 59: WINKELDARSTELLUNG BSP. 2 – ©KLEEMANN 2004**

Asymmetrisches Kind 2

**ABBILDUNG 60: WINKELDARSTELLUNG BSP. 3 – ©KLEEMANN 2004**

Asymmetrisches Kind 3

**ABBILDUNG 61: WINKELDARSTELLUNG BSP. 4 – ©KLEEMANN 2004**

Durch die Entwicklung des Programmes konnten viele Schritte automatisiert, Fehlerquellen reduziert und die Dokumentationsmöglichkeit gegeben werden. Folgende Beispiele sind der derzeitige Stand der Messmethode, die als nächstes zur Validierung genutzt werden kann.

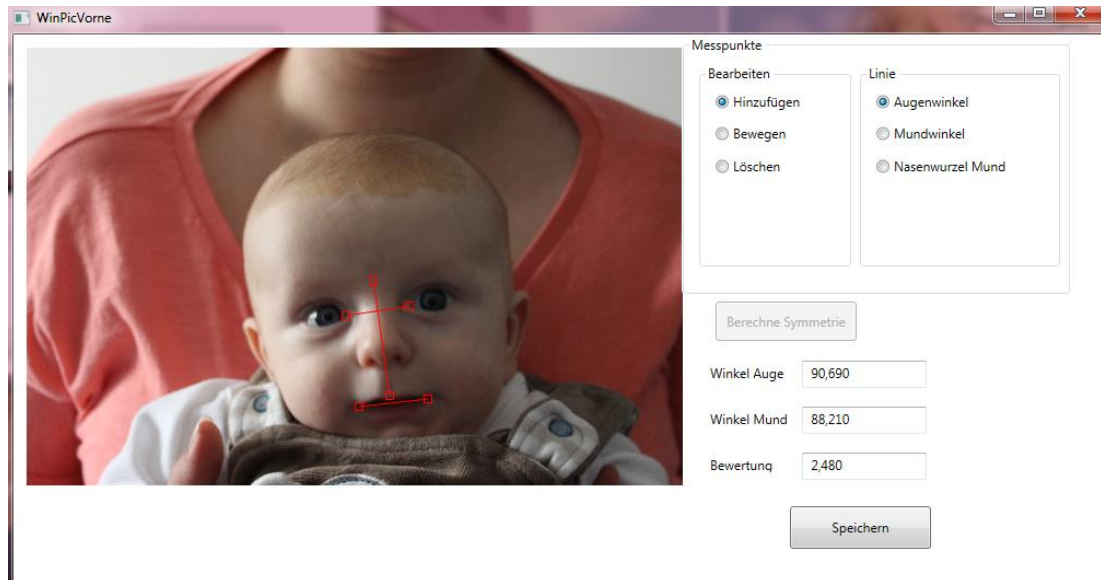


ABBILDUNG 62: WINKELVERMESSUNG BSP. 1 – ©KLEEMANN 2015

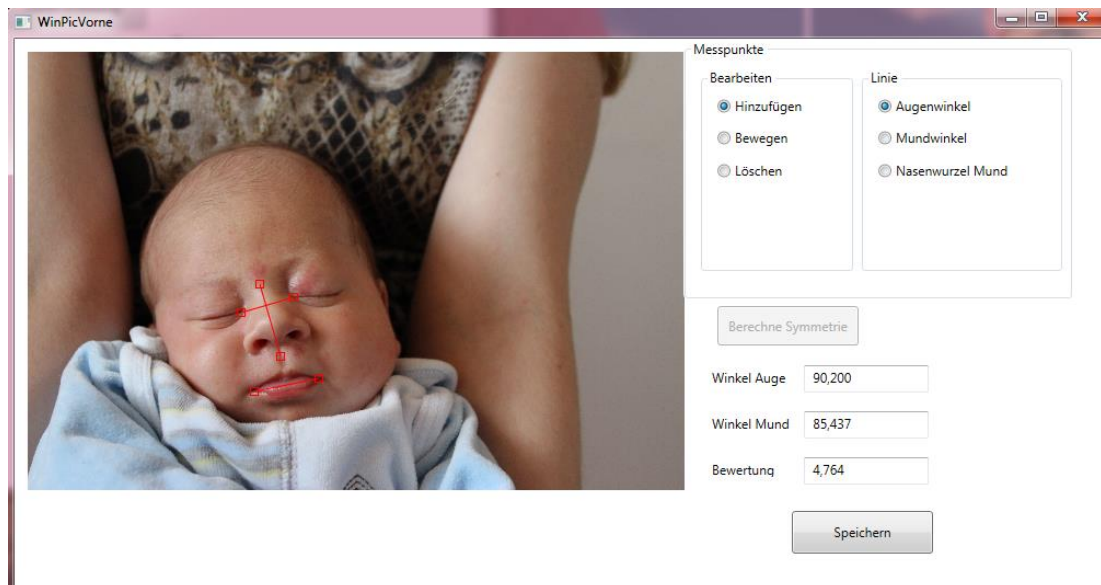


ABBILDUNG 63: WINKELVERMESSUNG BSP. 2 – ©KLEEMANN 2015

Als „Bewertung“ werden die beiden Winkelabweichungswerte, die bei der Vermessung der Augen zur Nasenachse, bzw. Mundwinkel zur Nasenachse erhalten werden, aufsummiert. Diese Bewertungswerte in Winkelgrad sind die Rohdaten für größere Vergleichsmessungen.

5.10.3 Umfangsdarstellung und Spiegelung

Umfangsspiegelung 1 : Umfangsdarstellung (rot) und Spiegelung (gelb):



ABBILDUNG 64: UMFANG BILD1 –
©KLEEMANN 2004



ABBILDUNG 65: UMFANG BILD2 –
©KLEEMANN 2004

In diesem 1. Beispiel der Umfangsspiegelung wurde der Abstand von mind. 5-fachen Durchmesserabstand nicht eingehalten, dadurch ist der maximale Umfang nicht genau zu sehen und die gekennzeichnete Linie ist nicht genau.

Ergebnis: diese Bildvorlage ist für eine Messung nicht geeignet

Umfangsspiegelung 2



ABBILDUNG 66: UMFANG BSP1 –
©KLEEMANN 2004



ABBILDUNG 67: UMFANG BSP 2 –
©KLEEMANN 2004

In diesem 2. Beispiel der Umfangsspiegelung wurde der Abstand von mind. 5-fachen Durchmesserabstand eingehalten, dadurch ist der maximale Umfang genau zu sehen und die gekennzeichnete Linie klar und genau.

Ergebnis: diese Bildvorlage ist für eine Messung geeignet

Mit der vollautomatischen Umfangdarstellung könnte hier das Maß der Asymmetrie bestimmt werden.

Durch das entwickelte Programm ist die folgende Darstellungs- und Dokumentationsmöglichkeit gegeben.

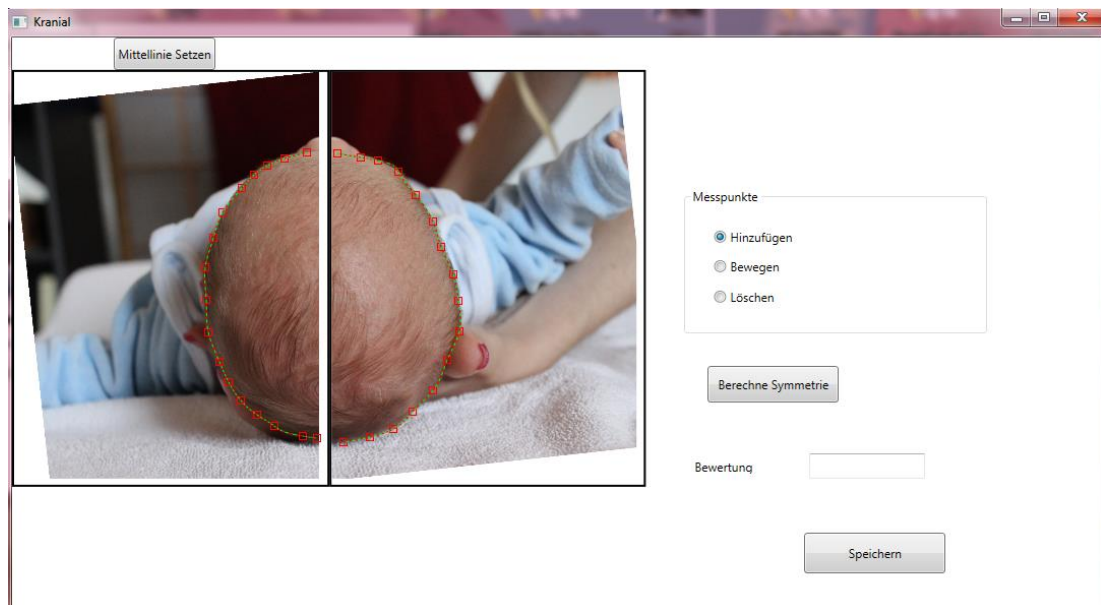


ABBILDUNG 68: UMFANGVERMESSUNG BSP. 1 – ©KLEEMANN 2015

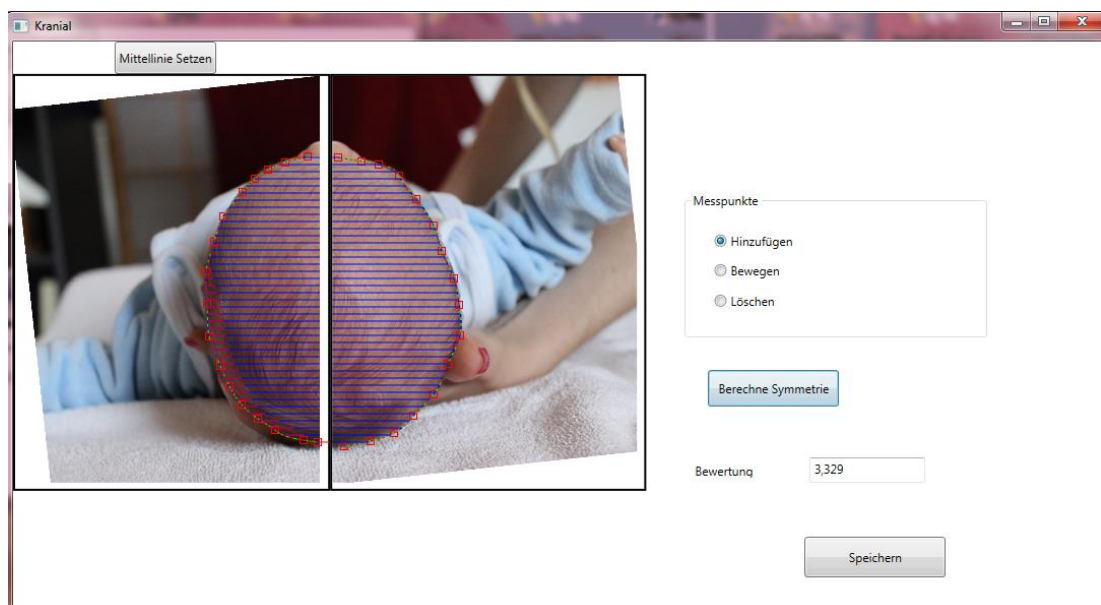


ABBILDUNG 69: UMFANGVERMESSUNG BSP. 2 – ©KLEEMANN 2015

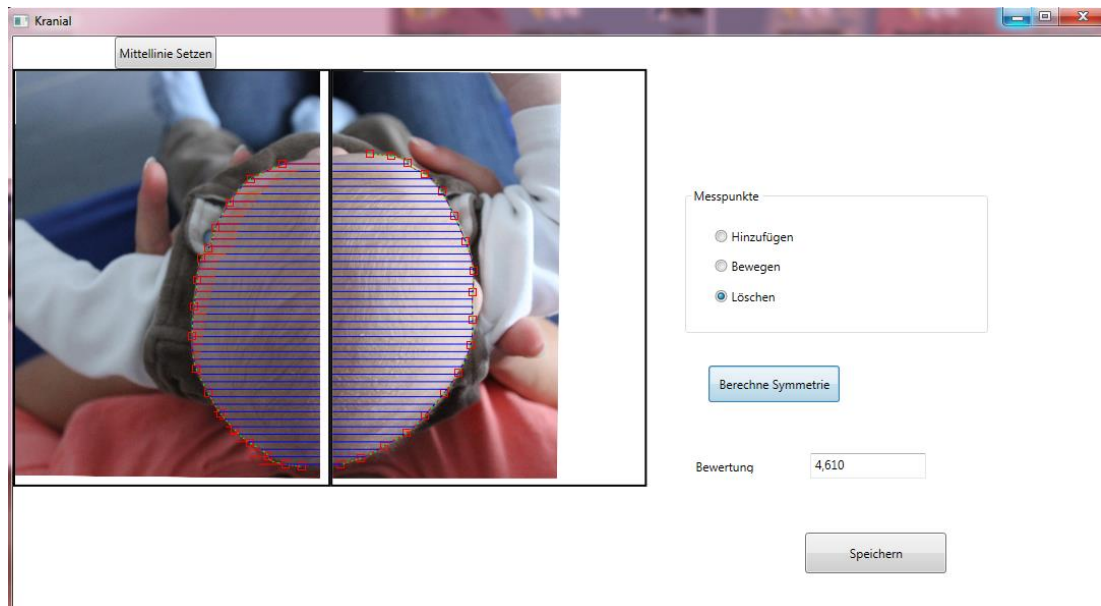
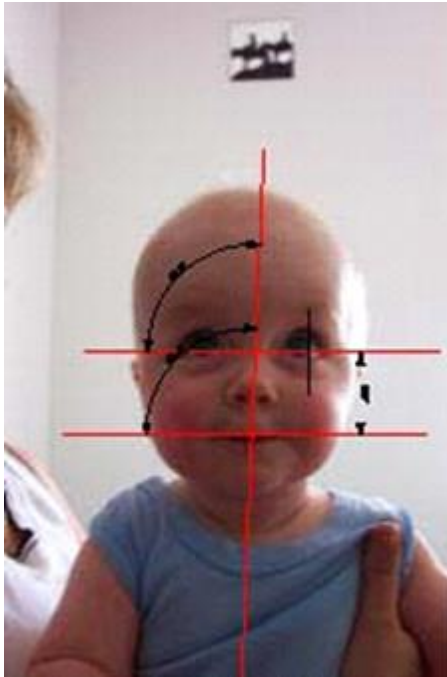


ABBILDUNG 70: UMFANGVERMESSUNG BSP. 3 – ©KLEEMANN 2015

Winkelvermessung und Umfangsdarstellung an einem Kind



**ABBILDUNG 71: PROBAND A1 –
©KLEEMANN 2004**



**ABBILDUNG 72: PROBAND A2 –
©KLEEMANN 2004**



ABBILDUNG 73: PROBAND A3 – ©KLEEMANN 2004

Wenn Umfangsdarstellung, – spiegellung und Winkelvermessung von einem Kind vorhanden sind, erlaubt das eine visuelle, aber auch eine numerisch darstellbare / objektive Einschätzung der Schädelasymmetrie bzw. –asymmetrie.

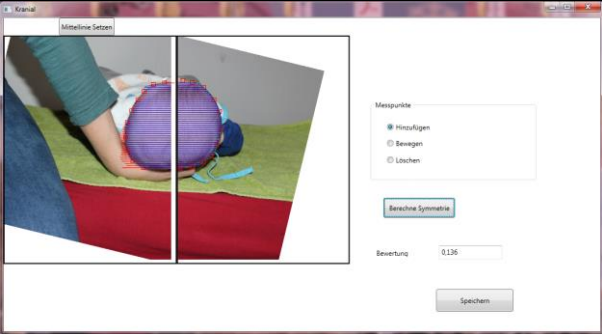
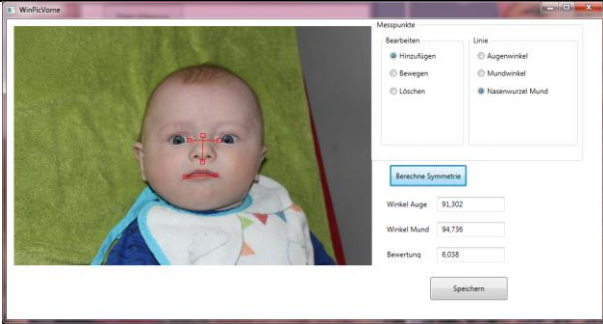
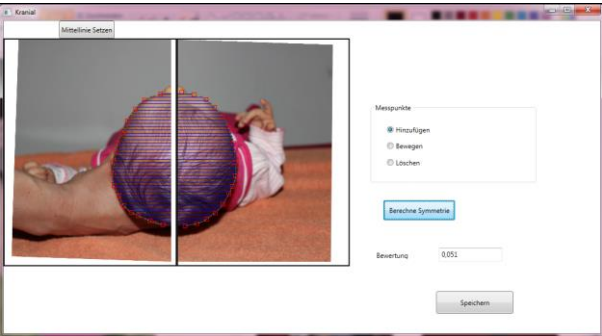
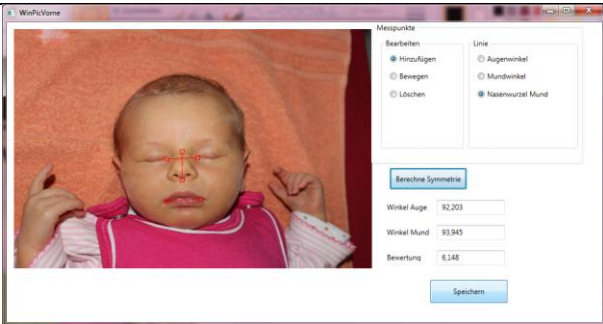
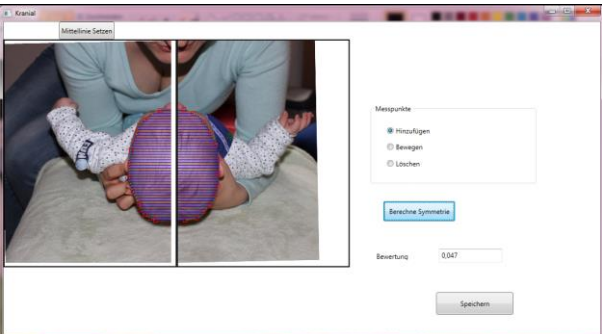
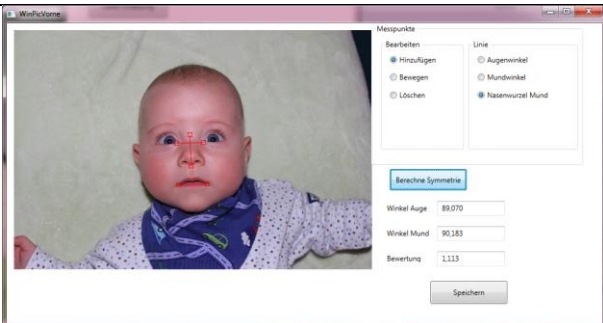
5.11 Präliminäre Auswertung von 10 Kindern und 10 Prüfern

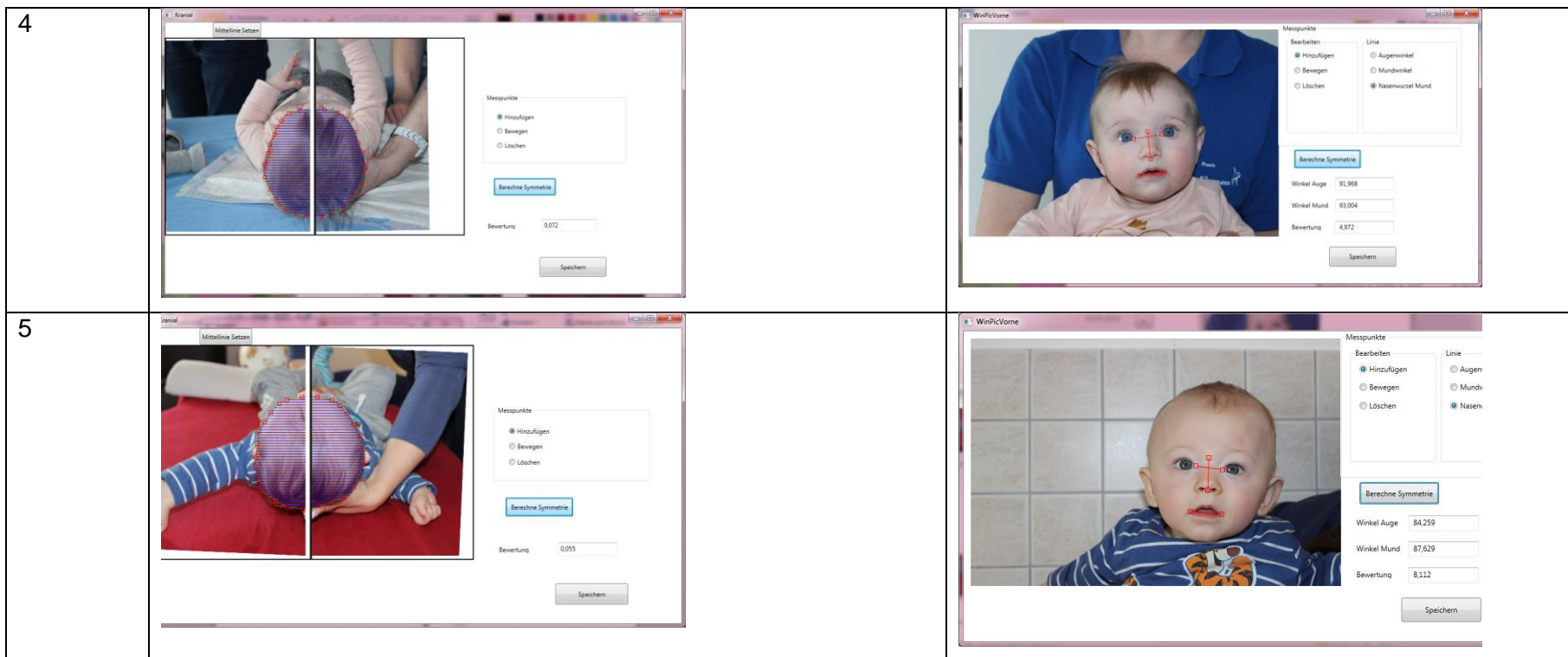
Als Versuch einer Validierung mittels Kleinserie wurden zehn Patientenbilder (keine „Gesunden“) erfasst, die entsprechend der Kriterien von Ettorre et al. (2006) und Schaaf et al. (2006) aufgenommen wurden. Diese wurden mittels der erstellten Software SymErf übernommen und von zehn verschiedenen, kurz in das Programm eingewiesenen Prüfern (med. Personal) ausgewertet und die erhaltenen Vergleichswerte mittels Mittelwertanalyse dargestellt. Eine vollständige biomathematische Auswertung erschien angesichts der geringen Fallzahlen nicht realistisch (Pseudorealibilität).

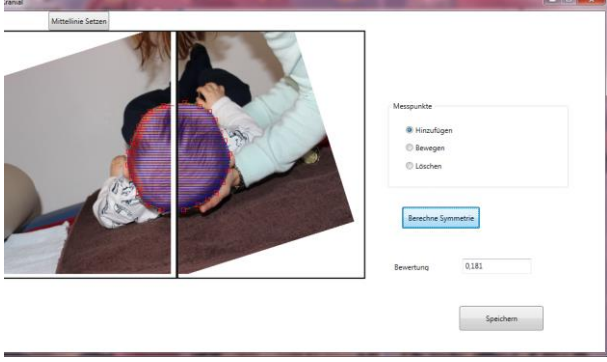
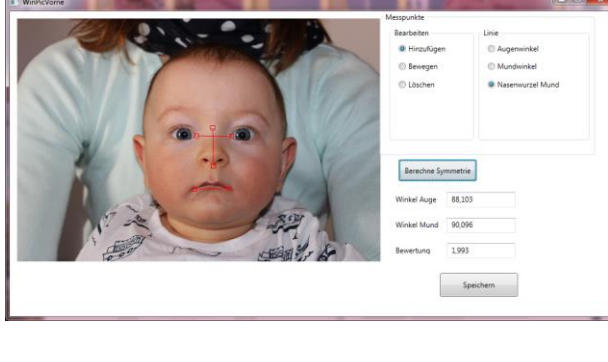
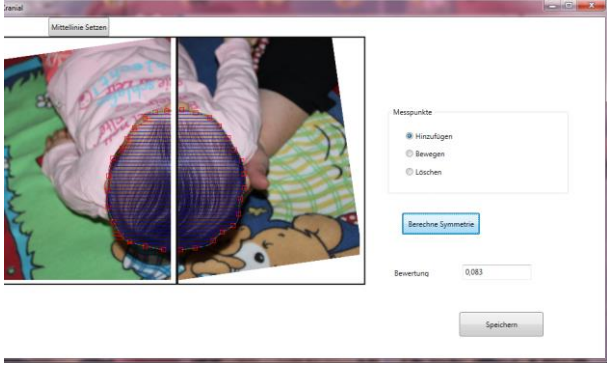
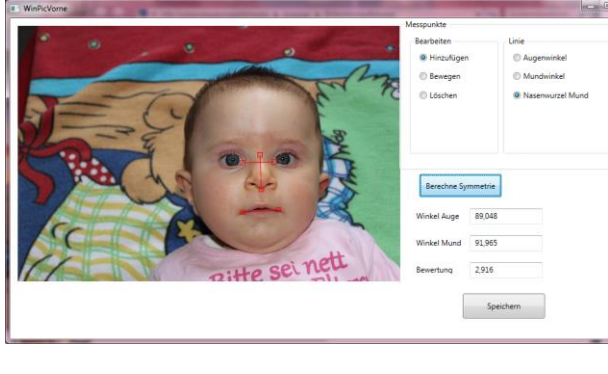
Im Folgenden eine Darstellung der untersuchten Fotografien (die Bilder unterliegen der medizinischen Schweigepflicht/Datenschutzgesetz, eine Weiterverwendung/-Verbreitung ist nicht zulässig ohne Einverständnis der Eltern) und der Auswertungsvorgänge.

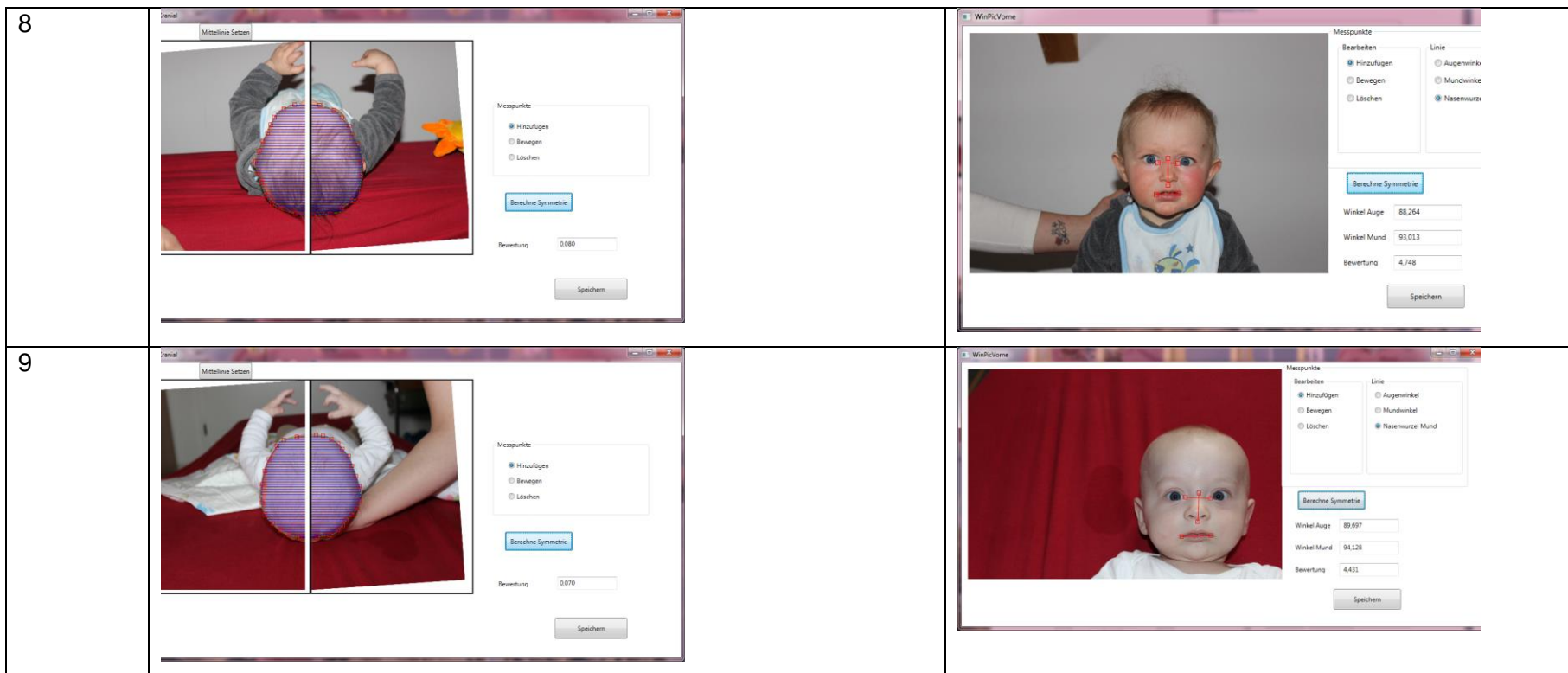
Eine Anonymisierung der Aufnahmen war nicht möglich, da durch die standardmäßig zu verwendenden schwarzen Balken oder die Verpixelung der Gesichtszüge wesentliche morphologische Landmarken unkenntlich gemacht werden (hierauf beruht das Prinzip der Anonymisierung!) und dann keine Auswertung mehr machbar wäre.

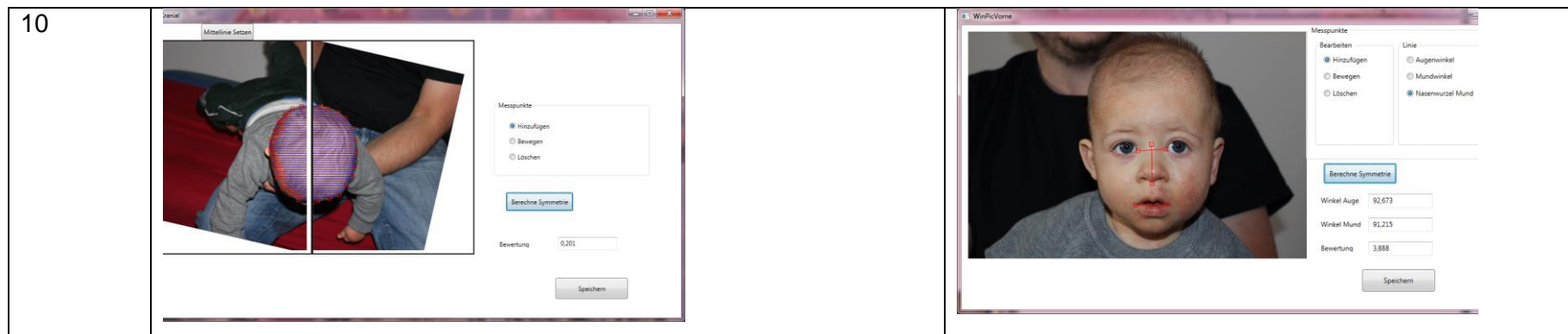
Bildliche Darstellung einer Messreihe mit 10 Kindern nach Bearbeitung durch einen der zehn Prüfer mit der Software SymErf:

1		
2		
3		



6		
7		





**ABBILDUNG 74: MESSREIHE MIT 10 KINDERN NACH BEARBEITUNG DURCH EINEN PRÜFER MIT DER SOFTWARE SYMERF –
©KLEEMANN 2015**

Kind Nr	Ventral										Mittelwert
	Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3	Prüfer 4	Prüfer 5	Prüfer 6	Prüfer 7	Prüfer 8	Prüfer 9	Prüfer 10	
1	6,038	4,537	4,373	4,524	5,046	4,510	4,685	4,519	4,238	4,605	4,708
2	6,148	4,643	0,709	3,000	2,643	2,768	2,608	3,360	2,251	2,261	3,039
3	1,113	3,303	8,565	5,595	6,039	6,243	5,072	6,025	5,957	5,469	5,338
4	4,972	6,222	4,010	5,746	4,784	5,209	4,888	5,384	4,450	4,744	5,041
5	1,794	4,112	4,091	3,903	3,898	3,769	3,776	3,770	4,241	4,311	3,767
6	1,993	2,844	2,387	2,723	2,434	2,508	2,622	2,438	2,625	2,713	2,529
7	2,916	3,307	3,357	3,837	3,303	3,335	3,288	3,504	3,126	3,144	3,312
8	4,748	3,457	2,490	2,736	3,572	3,308	3,062	3,318	3,117	3,512	3,332
9	4,431	1,941	3,128	2,983	2,376	1,894	2,874	2,658	2,258	2,164	2,671
10	3,888	3,586	2,338	2,887	3,214	3,085	2,719	2,804	2,973	3,368	3,086

TABELLE 24 AUSWERTUNG DER VERMESSUNGSERGEBNISSE DER VENTRALAUFNAHMEN-(SUMME DER DIFFERENZEN ZU 90° DER AUGEN- UND MUNDLINIEN ZUR NASENACHSE IN WINKELGRAD)

10 KINDER VON 10 PRÜFERN MITTELWERTVERGLEICH DER AUGEN- UND MUNDWINKEL UND MITTELWERTBERECHNUNG

Summe der Quadrate zum Mittelwert										Varianz	Standardabweichung
1,770	0,029	0,112	0,034	0,115	0,039	0,000	0,035	0,221	0,010	0,237	0,486
9,665	2,572	5,430	0,002	0,157	0,073	0,186	0,103	0,621	0,606	1,941	1,393
17,852	4,142	10,413	0,066	0,491	0,818	0,071	0,472	0,383	0,017	3,473	1,863
0,005	1,395	1,063	0,498	0,066	0,028	0,023	0,118	0,349	0,088	0,363	0,603
3,891	0,119	0,105	0,019	0,017	0,000	0,000	0,000	0,225	0,296	0,467	0,684
0,287	0,099	0,020	0,038	0,009	0,000	0,009	0,008	0,009	0,034	0,051	0,227
0,156	0,000	0,002	0,276	0,000	0,001	0,001	0,037	0,035	0,028	0,054	0,231
2,005	0,016	0,709	0,355	0,058	0,001	0,073	0,000	0,046	0,032	0,329	0,574
3,099	0,533	0,209	0,098	0,087	0,604	0,041	0,000	0,171	0,257	0,510	0,714
0,643	0,250	0,560	0,040	0,016	0,000	0,135	0,079	0,013	0,079	0,181	0,426

TABELLE 25 VARIANZ- UND STANDARDABWEICHUNGSBERECHNUNG DER VENTRALVERMESSUNGEN VON 10 KINDERN VON 10 PRÜFERN DES AUGEN-UND MUNDWINKELS

Kind Nr	Ventral nur Augen/Nase										Mittelwert
	Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3	Prüfer 4	Prüfer 5	Prüfer 6	Prüfer 7	Prüfer 8	Prüfer 9	Prüfer 10	
1	91,302	91,145	88,807	89,940	89,758	90,366	89,897	89,806	90,106	90,371	90,150
2	92,203	87,235	89,982	88,429	88,025	88,689	88,492	88,590	88,867	89,125	88,964
3	89,070	89,628	93,991	91,455	91,505	91,570	91,821	91,689	91,888	92,031	91,465
4	91,968	94,059	89,134	91,402	91,976	91,639	90,764	91,839	91,706	91,493	91,598
5	89,709	88,259	93,954	91,213	90,928	90,581	90,640	91,181	90,809	90,910	90,818
6	88,103	88,038	87,794	88,275	87,770	87,737	87,192	88,514	87,871	88,552	87,985
7	89,048	86,726	92,386	89,662	90,284	89,644	89,569	89,633	89,722	89,808	89,648
8	88,264	86,622	90,000	88,541	88,368	88,276	88,830	87,958	88,392	88,304	88,355
9	89,697	90,000	88,781	89,366	89,004	89,215	89,590	89,506	89,188	89,601	89,395
10	92,673	88,424	90,122	89,142	89,218	89,649	89,287	89,188	89,160	88,810	89,567

TABELLE 26 AUSWERTUNG DER VERMESSUNGSERGEBNISSE DER VENTRALAUFNAHMEN-**10 KINDER VON 10 PRÜFERN MITTELWERTVERGLEICH DES AUGENWINKELS UND MITTELWERTBERECHNUNG**

Summe der Quadrate zum Mittelwert										Varianz	Standardabweichung
1,328	0,990	1,803	0,044	0,154	0,047	0,064	0,118	0,002	0,049	0,460	0,678
10,493	2,989	1,037	0,286	0,880	0,075	0,223	0,139	0,009	0,026	1,616	1,271
5,736	3,374	6,381	0,000	0,002	0,011	0,127	0,050	0,179	0,321	1,618	1,272
0,137	6,057	6,071	0,038	0,143	0,002	0,695	0,058	0,012	0,011	1,322	1,150
1,231	6,551	9,832	0,156	0,012	0,056	0,032	0,131	0,000	0,008	1,801	1,342
0,014	0,003	0,036	0,085	0,046	0,061	0,628	0,280	0,013	0,322	0,149	0,386
0,360	8,539	7,496	0,000	0,405	0,000	0,006	0,000	0,005	0,026	1,684	1,298
0,008	3,005	2,705	0,034	0,000	0,006	0,225	0,158	0,001	0,003	0,615	0,784
0,091	0,366	0,377	0,001	0,152	0,032	0,038	0,012	0,043	0,042	0,116	0,340
9,646	1,307	0,308	0,181	0,122	0,007	0,079	0,144	0,166	0,573	1,253	1,119

TABELLE 27 VARIANZ- UND STANDARDABWEICHUNGSBERECHNUNG DER VENTRALVERMESSUNGEN**VON 10 KINDERN VON 10 PRÜFERN DES AUGENWINKELS**

Kind Nr	Ventral nur Augen/Nase Winkel zu 90°										Mittelwert
	Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3	Prüfer 4	Prüfer 5	Prüfer 6	Prüfer 7	Prüfer 8	Prüfer 9	Prüfer 10	
1	-1,302	-1,145	1,193	0,155	0,566	0,067	-0,120	-0,308	-0,088	0,091	-0,0891
2	-2,203	2,765	0,018	1,587	1,153	1,708	1,554	1,269	1,468	1,470	1,0790
3	0,930	0,372	-3,991	-1,839	-2,403	-2,435	-1,627	-2,046	-1,219	-2,097	-1,6354
4	-1,968	-4,059	0,866	-1,788	-1,700	-1,786	-1,852	-1,664	-1,594	-1,345	-1,6891
5	0,291	1,741	-3,954	-1,044	-1,221	-0,499	-0,776	-0,689	-1,205	-1,205	-0,8562
6	1,897	1,962	2,206	1,889	1,970	2,147	1,721	1,587	2,508	2,706	2,0594
7	0,952	3,274	-2,386	0,644	0,319	0,769	0,589	0,674	0,480	0,140	0,5455
8	1,736	3,378	0,000	0,960	1,514	1,785	2,177	1,581	1,694	1,255	1,6081
9	0,303	0,000	1,219	0,667	0,355	0,360	1,092	0,344	0,633	0,401	0,5374
10	-2,673	1,576	-0,122	1,102	0,896	0,738	0,943	0,895	0,701	0,748	0,4804

**TABELLE 28 AUSWERTUNG DER VERMESSUNGSERGEBNISSE DER VENTRALAUFNAHMEN-
10 KINDER VON 10 PRÜFERN MITTELWERTVERGLEICH DES AUGEN- UND NASENWINKELS
ZUM 90 GRADWINKEL UND MITTELWERTBERECHNUNG**

Summe der Quadrate zum Mittelwert										Varianz	Standardabweichung
1,471	1,115	1,644	0,059	0,429	0,024	0,001	0,048	0,000	0,033	0,482	0,695
10,772	2,842	1,126	0,258	0,006	0,396	0,225	0,036	0,151	0,153	1,597	1,264
6,581	4,030	5,549	0,041	0,589	0,640	0,000	0,168	0,174	0,213	1,799	1,341
0,078	5,617	6,528	0,010	0,000	0,009	0,027	0,001	0,009	0,118	1,240	1,113
1,316	6,745	9,597	0,035	0,133	0,128	0,006	0,028	0,122	0,122	1,823	1,350
0,026	0,009	0,021	0,029	0,008	0,008	0,114	0,223	0,201	0,418	0,106	0,325
0,165	7,445	8,594	0,010	0,051	0,050	0,002	0,016	0,004	0,165	1,650	1,285
0,016	3,133	2,586	0,420	0,009	0,031	0,324	0,001	0,007	0,125	0,665	0,816
0,055	0,289	0,465	0,017	0,033	0,032	0,307	0,037	0,009	0,019	0,126	0,355
9,944	1,200	0,363	0,387	0,172	0,066	0,214	0,172	0,048	0,072	1,264	1,124

**TABELLE 29 VARIANZ- UND STANDARDABWEICHUNGSBERECHNUNG DER VENTRALVERMESSUNGEN
VON 10 KINDERN VON 10 PRÜFERN DES AUGEN UND NASENWINKELS ZUM 90 GRADWINKEL**

Kind Nr	Kranial										Mittelwert
	Prüfer 1	Prüfer 2	Prüfer 3	Prüfer 4	Prüfer 5	Prüfer 6	Prüfer 7	Prüfer 8	Prüfer 9	Prüfer 10	
1	0,136	0,276	0,120	0,604	0,311	0,152	0,389	-0,327	-0,138	-0,037	0,1486
2	0,051	0,067	0,081	0,271	-0,401	0,208	0,023	0,193	-0,006	-0,190	0,0297
3	0,047	0,101	0,062	-0,271	-0,031	-0,012	-0,489	0,043	0,749	-0,287	-0,0088
4	0,072	0,084	0,076	0,241	0,112	-0,473	-0,241	0,234	0,521	0,038	0,0664
5	0,068	0,055	0,059	0,404	0,156	0,261	-0,336	-0,084	0,122	-0,118	0,0586
6	0,181	0,212	0,220	-0,109	-0,146	0,403	-0,508	0,261	0,364	0,060	0,0936
7	0,083	0,120	0,123	0,255	-0,156	-0,255	0,170	0,453	-0,381	-0,266	0,0145
8	0,080	0,185	0,057	0,349	0,290	-0,331	0,166	-0,127	0,327	0,147	0,1142
9	0,070	0,108	0,106	0,046	0,324	0,011	0,069	0,344	-0,083	0,239	0,1235
10	0,201	0,056	0,152	0,254	-0,132	-0,103	0,228	0,068	0,442	0,074	0,1240

TABELLE 30 AUSWERTUNG DER VERMESSUNGSERGEBNISSE DER KRANIALAUFGNAHMEN-(VERHÄLTNIS DER ASYMMETRIE-/DIFFERENZFLÄCHE ZUR GESAMTFLÄCHE DES SCHÄDELS IN PROZENT)

10 KINDER VON 10 PRÜFERN UND MITTELWERTBERECHNUNG











Quadrate zum Mittelwert										Varianz	Standardabweichung
0,000	0,016	0,001	0,208	0,026	0,000	0,058	0,226	0,082	0,034	0,065	0,255
0,000	0,001	0,003	0,058	0,186	0,032	0,000	0,027	0,001	0,048	0,036	0,189
0,003	0,012	0,005	0,069	0,001	0,000	0,231	0,003	0,574	0,077	0,097	0,312
0,000	0,000	0,000	0,030	0,002	0,290	0,095	0,028	0,207	0,001	0,065	0,256
0,000	0,000	0,000	0,119	0,010	0,041	0,156	0,020	0,004	0,031	0,038	0,195
0,008	0,014	0,016	0,041	0,058	0,095	0,362	0,028	0,073	0,001	0,070	0,264
0,005	0,011	0,012	0,058	0,029	0,073	0,024	0,192	0,156	0,079	0,064	0,253
0,001	0,005	0,003	0,055	0,031	0,198	0,003	0,058	0,045	0,001	0,040	0,200
0,003	0,000	0,000	0,006	0,040	0,013	0,003	0,049	0,043	0,013	0,017	0,130
0,006	0,005	0,001	0,017	0,066	0,052	0,011	0,003	0,101	0,002	0,026	0,162











TABELLE 31 VARIANZ- UND STANDARDABWEICHUNGSBERECHNUNG DER KRANIALVERMESSUNGEN VON 10 KINDERN VON 10 PRÜFERN UMFANGSPIEGELUNG

Bei der Auswertung wurden die von den unterschiedlichen Prüfern erhaltenen Werte der ventralen, sowie kranialen Aufnahmen je Kind tabellarisiert, wobei die Werte der ventralen Auswertung nochmal gegen die Werte „nur Augenmittellinien/Nasenmittellinie“ vergleichbar gemacht wurden. Hierbei ergab sich eine geringe Standardabweichung im Bereich der kranialen Auswertungen, sowie eine vergleichbare Abweichung zwischen der ventralen Auswertung aller beiden Winkel im Vergleich zu nur Augen/Nasenlinienwinkel. Die Idee der Vereinfachung mit reduzierter Winkelbestimmung im ventralen Bild scheint tragbar.

5.12 Test der Reproduzierbarkeit der Messungen

Die Reproduzierbarkeit der Messmethode wird überprüft mittels 10 Einzelmessungen an Bildern einer Person, die jeweils zwischen 3 Sek. bis 5 Sekunden aufeinanderfolgend aufgenommen worden sind.

Bildpaar	Kranial Bild	Frontal Bild
1		
2		
3		
4		
5		

6		
7		
8		
9		
10		

**TABELLE 32 BILDER ZUR ÜBERPRÜFUNG DER REPRODUZIERBARKEIT DER
MESSUNGEN DURCH DEN PROGRAMMANWENDER - ©KLEEMANN 2015**

In der folgenden Tabelle sind die Messergebnisse der 10 Bilder dargestellt, die durch ein und denselben Programmanwender bewertet und ausgewertet wurden.

Bildpaare	Kranial	Augenw	Mundw
1	0,198	90,215	90,275
2	0,230	90,673	90,690
3	0,141	90,192	91,544
4	0,180	89,727	90,489
5	0,147	90,663	91,878
6	0,155	90,852	90,489
7	0,191	90,789	91,279
8	0,223	90,494	88,792
9	0,140	90,316	88,582
10	0,129	90,618	90,845

Summen	1,734	904,539	904,863
Mittelwerte	0,1734	90,4539	90,4863

Qadrate zum Mittelwert	0,000605	0,057073	0,044648
	0,003204	0,048005	0,041494
	0,001050	0,068592	1,118729
	0,000044	0,528384	0,000007
	0,000697	0,043723	1,936829
	0,000339	0,158484	0,000007
	0,000310	0,112292	0,628373
	0,002460	0,001608	2,870652
	0,001116	0,019016	3,626358
	0,001971	0,026929	0,128666

Summw Quadrate Differenz zum Mittelwert	0,01179	1,06410	10,39576
Varianz	0,00118	0,10641	1,03958
Standardabweichung	0,03434	0,32621	1,01960

TABELLE 33 AUSWERTUNG DER VERMESSUNGSERGEBNISSE AN EINEM PROBANDEN

Die Bilder wurden unter Beachtung der 2006 von Ettore et al und Schaaf et al. geforderten Richtlinien für digitale Photographie im Cranio-Maxillaren-Fazialen Umfeld aufgenommen. Sie wurden in das Programm SymErf übernommen und durch einen Softwareanwender ausgewertet. Es wurden 10 Bilder kurz aufeinander folgend aufgenommen von kranial und frontal.

Anhand der geringen Standardabweichung der Asymmetriebestimmung mittels der Kranialaufnahme kann geschlossen werden, dass eine gute Messbarkeit mit relativ hoher Reproduzierbarkeit der Messergebnisse über verschiedene Aufnahmen hinweg gegeben ist.

Dasselbe gilt für die Winkelbestimmung betreffend die Augen-Mittellinien Winkel, nicht jedoch für die Mundlinien-Mittellinien-Winkel. Diese sind durch aktive Steuerungsmöglichkeit der Mundpartie nicht zuverlässig reproduzierbar (z.B. Bild 9/10! Tabelle 30)).

5.13 Zusammenfassung

Die erarbeitete Messmethode ohne radiologische Belastungsparameter mit vernachlässigbaren Fehlerquellen scheint aussagekräftig, reproduzierbar, präzise und praktisch anwendbar zu sein.

Die Durchführbarkeit dieser Vermessungsidee wurde hier dargestellt, worauf jetzt nach der vollständigen methodischen Entwicklung noch die Validierung dieser Messmethode folgen müsste.

6 Diskussion

Die zunehmende Bedeutung von Plagiocephalien durch perinatale und häufig lagerungsbedingte Faktoren und deren durch die Eltern geforderte Therapie zur Erreichung maximal „normaler“ Kinder stellt, wie in vielen Kinderarztpraxen zu beobachten (eigene Kommunikation mit pädiatrischen Zuweiserpraxen), eine nicht unerhebliche Belastung des Kassensystems und der Sozialgemeinschaft dar. Einerseits wurde durch das „back to sleep“ Konzept endlich ein Durchbruch in der Bekämpfung des plötzlichen Kindstodes erreicht, andererseits durch die buchstabengetreue Befolgung der Handlinganweisungen eben zunehmende „Auffälligkeiten“ der kindlichen Kopfformen bewirkt, die der sozialen Akzeptanz zuwiderlaufen.

Um hier einer puren Ästhetikströmung mit klaren rationalen Fakten entgegentreten zu können, bedarf es einer objektivierbaren Möglichkeit zur Beurteilung von Schädelformauffälligkeiten beim Neugeborenen, ebenso wie beim Kleinkind, nicht nur der Meßmethoden, die in der kosmetischen Chirurgie des Erwachsenen Verwendung finden.

Die Erwachsenen unterscheiden sich vom Kleinstkind einerseits durch die deutlich geringere motorische Unruhe, außerdem darf hier durchaus mit Röntgenstrahlung gearbeitet werden, da keine entwicklungsschädigenden Einflüsse mehr zu befürchten sind.

Die Messmethode zur Beurteilung dieser Asymmetrien sollte also ohne radiologische Belastung, ohne Notwendigkeit zu Fixation oder Anästhesie des Kindes, also mit guter praktischer Anwendbarkeit ausgezeichnet sein.

Die aktuellen Messmethoden für Säuglingsschädel können derzeit in zwei- und dreidimensionale Möglichkeiten unterteilt werden.

In Studien werden hier oft verwendet:

Cranial Index oder auch Cephalic Index nach Loveday et al. (Loveday et al. 2001),

Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) nach Loveday et al. (Loveday et al. 2001),

Craniale Asymmetrie Screening – Messung (CAS) nach Dörhage (Dörhage 2010)

Plagiozephalometrie mittels Thermoplastikstreifen nach Van Vlimmeren et al. (van Vlimmeren et al. 2006),

Kurze Achse – lange Achse mit Messzirkel nach Mulliken et al. (Mulliken et al. 1999),

Cranial Diagonal Difference nach Graham et al. (Graham et al. 2005 (2)),

Cranial Vault Asymmetry, Orbitotragial Depth Asymmetry, Cranial Base Asymmetry, sowie

Messung mittels Ultraschall und Digitale Photogrammetrie.

Für diese Methoden bedarf es komplexer Untersuchungen und Vermessungen, die zeitaufwändig und nur durch Spezialambulanzen / geschulte Untersucher durchzuführen sind.

Die dreidimensionalen Methoden CT, MRT, Röntgen und Sonographie sind in der Anwendbarkeit allein durch die hohe Strahlenbelastung, die lange Belichtungszeit, aber auch die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten der Geräte sowie die fehlende Eignung zum mobilen Einsatz auf klinikbasierte Studien eingeschränkt.

Hieraus ergab sich die Notwendigkeit zur Entwicklung einer eigenen, ambulanten Messmethode zur Feststellung von Schädelformveränderungen bzw. Schädelasymmetrien mit geringem zeitlichen und finanziellen Aufwand, zumal die inzwischen bestehenden Methoden zu Beginn der Meßmethodenentwicklung großenteils noch nicht veröffentlicht waren (Kim et al. 2013, Dörhage 2010, Vlimmeren 2006). Lediglich die Meßzirkelmethode nach Mulliken war 1999 bereits publiziert, allerdings noch ohne präzise Definition der Meßpunkte am Okziput. Bei allen zweidimensionalen Messmethoden wurden immer mechanische Hilfsmittel wie Messzirkel, Thermoplastikstreifen oder Schieblehren zum Einsatz gebracht. Photometrische Erfassungen im zweidimensionalen Raum wurden bisher nicht in publizierten Studien verwendet.

Um gleichzeitig einen dokumentierten Nachweis zu schaffen, wurde auf das Fotoverfahren zurückgegriffen. Aus den „Grundlegenden Betrachtungen zur Messung“ folgte, dass Aufnahmen mit einer Digitalkamera von ventral und cranial ausreichend sein können.

Dies bietet im Vergleich mit späteren Untersuchungen und Ergebnisdarstellungen eine eindeutige Vergleichsmöglichkeit.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei Bildaufnahmen von Laien die besten Ergebnisse zu erhalten sind, wenn die Kinder auf dem Boden liegen und dann

ca. 10 Aufnahmen von ventral und cranial gemacht werden. Die Verwendung eines Stativs verringert hierbei nach unseren Erfahrungen nochmals die Ungenauigkeit.

Eine effizientere Handhabung der Bilderfassung konnte durch gleichzeitiges Auslösen von 2 Kameras für die Cranialaufnahme und die Ventralaufnahme erreicht werden. Die beiden Kameras sind fest installiert und die Kinder werden auf dem Schoß eines Elternteils bzw. einer Hilfsperson so positioniert, dass gleichzeitig die beiden Aufnahmen unter den Vorgabebedingungen von Ettore et al. (2006) und Schaaf et al. (2006) entstehen.

Alternativ kann mit einer Kamera gearbeitet werden (kostengünstiger und einfacher im mobilen Einsatz):

Bei den Aufnahmen von cranial liegt das Kind auf einer Unterlage oder in den Händen und Unterarmen des Helfers. Der Kopf wird im Nacken ca 1 cm über der Unterlage bzw. frei gehalten. Der nötige Abstand zum Kopf (5-facher Kopfdurchmesser) und das Sichtbarsein der Ohren und der Nasenspitze ist notwendig für eine mögliche Vermessung. (Wobei zu bemerken ist, dass wenn die Ohren und die Nasenspitze sichtbar sind automatisch der Abstand weit genug ist.)

Um die Umfangspiegelung bei Kindern mit vielen Haaren durchzuführen wird die Anwendung von Haargel empfohlen. Eine weitere Möglichkeit stellt die Anwendung eines Seidenstrumpfes dar, damit die Kopfbehaarung eng am Kopf anliegt und somit eine Kantendetektion möglich ist.

Bei den Frontal/Ventralaufnahmen wird den Forderungen von Ettore et al.(2006) und Schaaf et al. (2006) entsprochen:

Einstellung des Kopfes in der deutschen Horizontale (sive auch Frankfurter Horizontalen). Gerade Interpupillarlinie, keine Kopfrotation und leichte Mundöffnung. Sterno-Clavicular Gelenk am unteren Rand sichtbar.

Die Kinder sollten voll auf den Knien der Eltern sitzen, vor einem blauen Hintergrund (s.o.). Eine zweite Person kann die Aufmerksamkeit des Kindes wecken um den Kopf in die gewünschte Position zu drehen.

Bei kleinen Säuglingen reicht auch das Lagern des passiven Kindes auf die Unterlage und die eventuelle Abstützung des Kopfes zur Rotationsvermeidung.

Bei der Auswertung einer senkrechten Aufnahme von ventral werden in das Photo Augenlinie, Mittellinie und Mundlinie eingezeichnet:

Da die Augeninnenwinkel nicht aktiv muskulär angesteuert werden und die Gesichtsmimik diese nicht verändert, kann man sie als Fixpunkte betrachten.

Ebenso stellt die Nasenwurzel einen knöchernen Fixpunkt dar. Da auch hier die Muskulatur lediglich eine Verschiebung der äußersten Nasenspitze bewirken kann, darf auch die Linie des Nasenrückens als fix betrachtet werden.

Nur die Mundlinie könnte z.B. im Falle einer klinisch deutlichen Facialisparesie verändert sein.

Zur Winkelbestimmung würden aber die Augenlinie und die Mittellinie ausreichen um einen vergleichbaren Wert zu ermitteln, wodurch eine nochmalige Vereinfachung zu erzielen wäre.

Bei der Möglichkeit zur computergestützten Auswertung von Schädelformauffälligkeiten wurden einzelne Bildbearbeitungsphasen benutzt. Die Erstellung einer speziellen Software vereinfachte die Handhabung wesentlich.

Bearbeitungsfehler sind dabei minimiert worden, so dass die Messungen numerisch vergleichbar sind. Umfangdarstellung und –spiegelung kann per Computerauswertung mittels Pixelauszählung leichter bewertet werden als manuell/visuell. So ist eine numerische Aussage über das Maß der Asymmetrie zu erhalten.

Basierend auf den präliminaren Auswertungen und Validierungstests, die durchgeführt wurden, erscheint die Messmethode praktisch/pragmatisch und reproduzierbar.

Die Messungen haben aber auch diverse Vorteile und Schwächen ans Licht gebracht.

Folgende Vorteile konnten festgestellt werden:

- Die integrierte Datenbank erlaubt die Erfassung und Verwaltung der Patientendaten, die Speicherung der Messwerterfassung und die Vergleichsmöglichkeit unterschiedlicher Messungen. Zur Not würde es genügen, von den Eltern aufgenommene Photographien zu übernehmen und zu analysieren.
- Es können externe Bildaufnahmen vom Programm übernommen werden. Damit ergibt sich die Möglichkeit eine schnelle Abklärungsmöglichkeit „auf dem kurzen Dienstweg“ mit den Spezialisten in den Kliniken zu haben. Es wäre für niedergelassene Kinderärzte mit wenig Aufwand (nur Fotos, email-Versand) möglich – eine „telemedizinische“ Meinung von

neurochirurgischen/facial-chirurgischen Spezialisten zu bekommen, ob diese spezielle Schädelformauffälligkeit behandlungswürdig ist, bzw. ob eine Behandlungsnotwendigkeit besteht und die Kinder ihnen zugewiesen werden sollten.

Damit ist auch für die Eltern eine schnellere Beruhigung hinsichtlich wachstumsbedingter Verschlechterungstendenzen oder plötzlich von Dritten bemerkter Auffälligkeiten zu erhalten, da die Wartezeiten auf neurochirurgische Konsiltermine auch in der Zukunft wohl eher länger als kürzer werden.

- Es wäre damit auch eine Verlaufskontrolle zu protokollieren und ein schnelleres Eingreifen bei einer Verschlechterung der Schädelformauffälligkeit zu gewährleisten.

Folgende Nachteile der Methode mussten registriert werden:

- Die Software hat bedingt durch das manuelle Setzen der Referenzpunkte eine gewisse Fehleranfälligkeit/Meßunschärfe.
- Die entwickelte Messmethode könnte noch verfeinert und vereinfacht (reduzierter zeitlicher Aufwand und klarere Darstellbarkeit, damit geringere Untersuchervariabilität) werden, indem bei der Winkeldarstellung nur Augenlinie und Nasenlinie zueinander bewertet werden, da die Mundlinie durch die aktive Bewegungsmöglichkeit der Mundwinkel nicht eindeutig festzulegen ist.

Da das Ziel dieser Arbeit lediglich einerseits in der gründlichen Literaturrecherche zum Thema der Schädelasymmetrien und ihrer Ursachen sowie Meßbarkeit, andererseits der Darstellung der bereits bestehenden Meßmethoden, der Bewertung von deren pragmatischer Anwendbarkeit und letztlich in der „Er“-Findung und Entwicklung einer Meßmethode mittels einfacher Digitalphotographie und computergestützter Auswertung bestand, sind einige Fragen noch nicht geklärt.

- Hierbei ist insbesondere die Festlegung von Normwerten und damit Grenzwerten für die erhaltenen Meßwerte zu nennen, die im Rahmen von größeren Anwendungsstudien zu erhalten sind. Damit lässt sich eine Validierung und mögliche Optimierung (z.B. Vergleich der Aussagekraft von Augen/Nasenwinkel vs. Mund/Nasenwinkel, bzw.

Augenlinie/Mundlinie statt nur einzelner Winkel) der Methode erzielen und im Folgenden mögliche Indikatoren zur Behandlungswürdigkeit bzw. Behandlungsbedürftigkeit festlegen.

- Ebenso sollten nähere Untersuchungen zur Reliabilität und Validierung der Messmethode bezüglich interpersonaler Variabilität (vielleicht war die Auswahl medizinischen Personals unter meinen Testpersonen nur extrem selektiv) stattfinden.

Erweiterte Anwendungsgebiete, die sich aus der Art der Meßmethode ergeben, wären zum Beispiel

- Weitere Studien über die Anzahl der Schädelformveränderungen bei Säuglingen nach der Geburt und deren spontane Entwicklung werden im ambulanten Setting möglich. Über Therapieerfolge (auch umstrittener Therapieverfahren) könnten endlich Aussagen getroffen werden. Da die bisherigen Messmöglichkeiten hauptsächlich in den Kliniken zur Vermessung bei Kraniosynostosen bzw. zur Helmtherapievermessung verwendet werden, würden sich diese Messmethoden gut ergänzen.
- Die Messmethode könnte auch als Referenz bei osteopathischen Behandlungen bei Schädelformauffälligkeiten beim Neugeborenen bzw. Säugling dienen und im Sinne der Evidence Based Medicine als offizielle Dokumentation eingesetzt werden. Dabei ist auf eine Kombination der beiden Messebenen Wert zu legen, um eine genauere Dokumentation zu erhalten.
- Da bei dieser Meßmethode auf kostengünstige Verfahren geachtet wurde, bietet sie sich ebenfalls zur weiteren Forschung im Bereich der kopfgelenksinduzierten Symmetriestörungen an, die laut Biedermann (Manualtherapeut) sehr häufig eine familiäre Komponente haben. Die Untersuchung der Eltern zu Vergleichszwecken / Belegung hereditärer Ursachen sowie Beruhigung der Eltern ist bislang zumeist aus Kostengründen nicht durchführbar, was bei unserer Meßmethode zu vernachlässigen wäre.
- Auch die häufig durch kieferorthopädische Interventionen /Zahnregulation mit Multiband-Bracket-Behandlung beobachtete Verschlechterung von Skoliosen durch den Aufbau von Schädelspannungen ließe sich über die

einfache Untersuchung der Schädelasymmetrie im Zeitverlauf dokumentieren/verifizieren.

- Die frühe Untersuchung von Säuglingen mit Fütterungsstörungen durch geburtstraumatische Schädigungen des orofazialen Bereichs ist derzeit noch ein Stiefkind der Pädiatrie, da nicht ausreichend geschulte (z.B. Castillo-Morales) Therapeuten, bzw. spezialisierte Kinderneurologen verfügbar sind. Auch hier kommt es gehäuft zu Schädelasymmetrien, die einer einfachen Untersuchung zugänglich wären.
- Im Kleinkindalter würde sich die Messmethode zur Mitanalyse bei kieferfehlstellungsbedingten Sprachanomalien anbieten, da auch hier eine Asymmetrie im Raum stehen könnte. Eine frühzeitigere Versorgung der Kinder mit der passenden Therapie wäre möglich.

7 Resumee

Die erarbeitete Messmethode arbeitet ohne radiologische Belastung mit vernachlässigbaren technischen und geringen handhabungsbedingten Fehlerquellen. Sie liefert klare Aussagen, ist reproduzierbar, basiert auf präzisen Werten und ist in der praktischen Anwendung leicht zu handhaben.

Die Durchführbarkeit dieser Vermessungsidee war Ziel dieser Arbeit und wurde hier dargestellt, worauf jetzt nach der vollständigen methodischen Entwicklung noch die endgültige Validierung dieser Messmethode folgen muss.

Die Möglichkeit der Vermessung von Digitalfotos mit der dargestellten Technik und Vermessungsmöglichkeit der Winkelvermessung und der Umfangspiegelung ist unter Beachtung der empfohlenen Richtlinien für digitale Photographie im Cranio-Maxillaren-Fazialen Umfeld von Ettore et al. (2006) und Schaaf et al. (2006) aussagekräftig (nach weiterer Validierung).

8 Literaturverzeichnis

- Aliberti F, Pittore L, Ruggiero C, et al. The treatment of the positional plagiocephaly with a new thermoplastic orthotic device. Childs Nerv Syst (Germany), Jul 2002, 18(6-7) p337-9
- Alizedeh H, Najimi N, Mehdizade M, Najmi N. (2013) Diagnostic accuracy of ultrasonic examination in suspected craniosynostosis among infants. Indian Pediatr. 2013 Jan 8;50(1):148-50
- A Med-World AG; Aktiengesellschaft zur Darstellung von Medizin und Gesundheit im Internet, Thema: Ultraschall, 2003
- Amiel-Tison et al. 2008: Amiel-Tison C., Soyezi-Papiernik E., Cranial osteopathy as a complementary treatment of postural plagiocephaly, 2008, Archives de pédiatrie, , , 24-30
- Amiel-Tison et al. 2009: Amiel-Tison C.; Soyezi-Papiernik E., Die Rolle der Osteopathie in der Korrektur instabiler Schädeldeformierungen bei Neugeborenen und Kle, 2009, Osteopathische Medizin, , , 10–15
- Anderson H.(1966). Craniosynostosis as a complication after operation for hydrocephalus. Acta Paediat Scand 55, 192 – 196
- Anderson IA, Goomany A, Bonthron DT, Bellew M, Liddington MI, Smith IM, Russel JL, Carter LM, Guruswamy V, Goodden JR, Chumas PD. Does patient ethnicity affect site of craniosynostosis? J Neurosurg Pediatr. 2014 Dec;14(6):682-7
- Ayoub et al 2003: Ayoub A., Garrahy A, Hood C, White J, Bock M, Siebert JP, Spencer R, Ray A., Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system., 2003, Cleft Palate–Craniofacial Journal, , , 523-529
- BAuA 2010: Udovicic I., Damit nichts ins Auge geht... Schutz vor Laserstrahlung; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2010
- Berg K, Grundmann U, Wilhelm W, Krier C, Mertzlufft F. (1997); Kraniosynostose-Operation im Kindesalter. Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 32:138-50
- Bernardy M., Donauer E. and Neuenfeldt D. Premature Craniosynostosis. A Retrospective Analysis of a Series of 52 Cases. Acta Neurochir 1994; 128: 88 – 100

- Betke Klaus, Fritz Lampert, Klaus Riegel. Elementare Pädiatrie. 4. Auflage 1991. Thieme Stuttgart / New York
- Bialocerkowski et al. 2005: Bialocerkowski A. E.; Vladusic S.L.; Howell S. M., Conservative Management of Infants with Positional Plagiocephaly: the best evidence for physiotherapy practice , 2005, Developmental medicine and child neurology, , , 563- 570
- Bialocerkowski et al. 2008: Bialocerkowski AE, Vladusic SL, Wei Ng C., Prevalence, risk factors, and natural history of positional plagiocephaly: a systematic review., 2008;, Developmental Medicine & Child Neurology, , , 577–586
- Biedermann Heiner. Manualtherapie bei Kindern. Enke Stuttgart 1999
- Blecher JC, Howaldt HP Treatment of non-synostotic, pediatric skull deformities with dynamic head orthosis Mund Kiefer Gesichtschir (Germany), May 1998, 2 Suppl 1 pS81-5
- Blecher C: Infoseite Cranioform Jan 2013 und Juni 2013
- Boltshauser E., Ludwig S., Dietrich F., Landolt MA.: Sagittal craniosynostosis: Cognitive development, behaviour, and quality of life in unoperated children. Neuropediatrics 34(6) (2003), 293-300
- Boscaroni et al 2008: Boscaroni S.; Syvoia V.; La Viola P., Torticollis, facial asymmetry and positional plagiocephaly in normal newborns: Osteopathic treatment experience, 2008, Early human development, , , 22
- Boulet SL, Rasmussen SA, Honein MA(2008), A population-based study of craniosynostosis in metropolitan Atlanta 1989 – 2003, Am J Med Genet A 2008 Apr 15; 146A(8):984-91
- Burgard Thomas : ZWP online 2016: Funktionsweise einer digitalen Spiegelreflexkamera, <http://www.zwp-online.info/de/fachgebiete/zahntechnik/labormanagement/funktionsweise-einer-digitalen-spiegelreflexkamera>
- Burke M. J., Winston K. R., Williams S. (1995). Normal sutural fusion and the Etiology Of single sutural craniosynostosis: the microspicule hypothesis. Pediatr Neurosurg 22, 241 – 247
- Captier G, Dessauge D, Picot MC, Bigorre M, Gossard C, El Ammar J, Leboucq N. (2011) Classification and pathogenic models of unintentional postural cranial deformities in infants: plagiocephalies and brachycephalies. J Craniofac Surg. 2011 Jan; 22(1):33-41

- Caspar J.F., Das Fotolabor, Zürich (1997)
- Chumas P. D., Cinalli G., Arnaud E., Marchac D., Renier D. (1997) Classification of previously unclassified cases of craniosynostosis. *J Neurosurg* 86, 177 – 181
- Cloonan YK, Collett B, Speltz ML, Anderka M, Werler MM. (2013) Psychosocial outcomes in children with and without non-syndromic craniosynostosis: findings from two studies. *Cleft Palate Craniofac J.* 2013 Jul; 50(4):406-13.doi:10.1597/11074
- Cohen M. M. Jr. (1979). Craniosynostosis and syndromes with craniosynostosis: incidence, genetics, penetrance, variability, and new syndrome updating. *Birth Defects Orig Artic Ser* 15, 13 – 63
- Cohen M. M. Jr. (1986). History, terminology and classification of craniosynostosis In: Cohen M. M. Jr. (Ed): *Craniosynostosis: diagnosis, Evaluation and management*. Raven Press New York , pp. 1-20
- Cohen M. M. Jr. (1986). Perspectives on craniosynostosis; In: Cohen M. M. Jr. (Ed.): *Craniosynostosis: diagnosis, evaluation and management*. Raven Press New York, pp. 21 – 56
- Cohen M. M. Jr. (1993). Sutural biology and the correlates of craniosynostosis. *Am J Med Genet* 47, 581 – 616
- Cohen M. M. Jr. (1995). Craniosynostoses: phenotypic / molecular correlations. *Am J Med Genet* 56, 334 – 339
- Cohen SR, Cho DC, Nicholson SL, Simms C, Cross KP, Burstein FD (2004), American Society of Maxillofacial Surgeons Outcome Study: Preoperative and Postoperative Neurodevelopmental Findings in Single-Suture Craniosynostosis, *Plast Reconstr Surg* 114:841-847
- Collmann H. Diagnostik der Craniostenose. Untersuchungen über die Auswirkungen praematurer Nahtsynostosen auf das Neurocranium und den intracraniellen Raum. Med Habil Würzburg 1988
- Collmann H., Sörensen H., Krauss J. (1996). Consensus: trigonocephaly. *Childs Nerv Syst* 12, 664 – 668
- David D. J., Poswillo D., Simpson D. (1982). *The craniosynostoses. Causes, natural history and management*. Springer New York
- Delashaw J. B., Persing J. A., Broaddus W. C., Jane J. A. (1989). Cranial vault growth in craniosynostosis. *J Neurosurg* 70, 159 – 165

- DIN ISO 10360 online: ,
http://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/natg/normen/62444/searchna?state=H4sIAAAAAAAAAE2LsQrCMBRFf0XunCFFcMhWUcRFCuokDmnyjGLaaF4yINJ_N0vA7Z57ODN0H44WaszeC-jMTve00ykP9bPhfYp_cJk-VPghDSWgmheB5ytxR7HTruhGCnwzxQkKjVxvJARi9sSUasshln1DezOf2u1-ZYkN7glu0sDkyRQrlx90iw9xoQAAAA&pageNum=0, 2016
- Di Rocco F, Arnaud E, Reinier D (2009), Evolution in the frequency of nonsyndromic craniosynostosis. *J Neurosurg Pediatr.* 2009 Jul;4(1):21-5
- Dörhage K., Ursache und Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie, *Man Med* (2010), 48:125-134
- Eiben O. (1977). Changes of body measurements and proportion of children, based on Kormend growth study. *Acta Med. Auxol.* 1977; 9: 38 – 39
- Engel M, Hoffmann J, Mühling J, Castrillón-Oberndorfer G, Seeberger R, Freudlsperger C.. Magnetic resonance imaging in isolated sagittal synostosis. *J Craniofac Surg.* 2012 Jul;23(4):e366-9
- Esmaeli A., Nejat F., Habibi Z., El Khashab M. (2014). Secondary bicoronal synostosis after metopic craniosynostosis surgical reconstruction. *J Pediatr Neurosci.* 2014 Sept-Dec; 9(3):242-5
- Ettorre et al. 2006: Ettorre G.; Weber M.; Schaaf H.; Lowry J. C.; Mommaerts M. Y.; Howaldt H-P., Standards for digital photography in cranio-maxillo-facial surgery – Part I: Basic views and guidelines, 2006, *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, , , 65–73
- Fick Franz-Ludwig. Eigene Aufzeichnungen bei Nachforschungen an der Universität in Marburg 2002 und Würzburg 2002.
- Frauenhofer Institut. IOF Annual Report Jahresbericht 2007 Seite 117
- Friedrich M. : Eigene Aufzeichnungen bei Nachforschungen und Telefonaten an der Universität in Regensburg 2012 und Mai 2013
- Frymann, D.O.. The Collected Papers of Viola M. Frymann, D.O.. American Academy of Osteopathy 1998.
- Gall Franz Joseph. Eigene Aufzeichnungen bei Nachforschungen an der Universität in Marburg 2002 und Würzburg 2002.
- Ghali GE, Sinn DP, Tantipasawasin S. Management of nonsyndromic craniosynostosis. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* (United States), Mar 2002, 10(1) p1-41

- Goerke Kay, Taschenatlas der Geburtshilfe, 2002, Thieme -Stuttgart
- Graham J. M Jr. , Bardura R. J. Smith D. W. (1980). Coronal craniostenosis: fetal head constraint as one possible cause. *Pediatr Neurosurg* 65, 995 – 999
- Graham J. M. Jr., Saxe M. de, Smith D. W. (1979). Sagittal craniostenosis : fetal head constraint as one possible cause. *J Pediatr* 95, 747 – 750
- Graham et al. 2005: Graham, Kreuzman, Earl, Halberg, Samayoa, Guo, Deformational brachycephaly in supine-sleeping infants, 2005, *The Journal of Pediatrics*,,, ,,,253-257
- Graham et al. 2005 (2): Graham, Gomez, Halberg, Earl, Kreuzman, Cui, Guo, Management of deformational plagiocephaly: Repositioning versus orthotic therapy, 2005; *The Journal of Pediatrics*,,,258 - 262
- Grimm T., Kress W. (1996). Zur Genetik der Kraniosynostosen. *Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir* 20, 174 – 177
- Gwilliam et al. 2006: Gwilliam J. R. ; Cunningham S. J.; Hutton T., Reproducibility of soft tissue landmarks on three-dimensional facial scans, 2006,*The European Journal of Orthodontics*, , , 408-415
- Haberl H., Hell B, Zöckler MJK, Zachow S, Lamecker H, Sarrefzadeh A, Rieke B, Lauksch WR, Deufelhard P, Bier J, Brock M, Operationstechnik und Ergebnisse der Operation Von Kraniosynostosen.*Zentralblatt für Neurochirurgie* 2004; 65 (2): 65-75
- Hajinis K. and Petrásek R. Cranial and thoracic circumference as criteria of body development. *Z. Morphol. Antropol.* 1993; 79(3): 343 - 353
- Higginbottom M. C., Jones K. L., James H. E. (1980). Intrauterine constraint and craniosynostosis. *Neurosurgery* 6, 30 – 44
- Hoffmann H., Raffel C. (1989). Craniofacial surgery. In: Mc Laurin R., Venes J L. Schut L. (Eds.): *Pediatric neurosurgery. Surgery of the developing nervous system.* Saunders Philadelphia.
- Horn Ingrid Dr., *Pädiatrix* (8/08), Wenn die Kopfform nicht der Norm entspricht. Bei Verdacht auf Kraniosynostosen frühzeitig Expertenrat suchen
- Huang M. H., Gruss J. S., Clarren S. K., Mouradian W. E., Cunningham M. L., Roberts T. S., Loeser J. D., Cornell C. J. (1996). The differential diagnosis of posterior plagiocephaly: True lambdoid synostosis versus positional molding. *Plast Reconstr Surg* 98, 765 – 776
- Huang M.H., Mouradian WE, Cohen SR, Gruss JS (1998). The differential diagnosis of abnormal head shapes: separate craniosynostosis from

- positional deformities and normal variants. Cleft Plate Craniofac. J. 1998 May; 35 (3): 204 -11
- Hummel et al, 2005: Pat Hummel; Dana Fortado, Impacting Infant Head Shapes, 2005,Advace in neonatal care, , , 329-40
- Hunter A. G., Rudd N. L. (1976). Craniosynostosis. I. Sagittal synostosis, its genetics. And associated clinical findings in 214 patients who lack involvement of the coronal suture(s). Teratology 14, 185 – 193
- Hunter A. G., Rudd N. L. (1977). Craniosynostosis II. Coronal synostosis : its familial characteristica and associated clinical findings in 109 patients lacking bilateral polysyndactyly or syndactyly. Teratology 15, 301 – 309
- Jaslow C. R. Mechanical properties of cranial sutures. J. Biomech 1990; 23 : 313 – 321
- Joppich L. Prof. Dr., Leitlinien für Kraniosynostosen und Kraniostenosen, Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie 2002
- Kau et al. 2005: Kau C.H; Richmond S.; Zhurov A.I.; Knox J.; Chestnutt I.; Hartles F.; Playle R., Reliability of measuring facial morphology with a 3-dimensional laser scanning system, 2005,American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, , , 424–430
- Karolyi Von L. Antropometrie. Fischer UTB 1971
- Keller / Wiskott. Hrgs. Von Betke, Künzer, Schaub. Lehrbuch der Kinderheilkunde 6. Auflage 1991. Thieme Stuttgart
- Kelly et al. 1999: Kelly, Littlefield, Pomatto, Ripley, Beals, Joganic, Importance of Early Recognition and Treatment of Deformational Plagiocephaly with Orthotic Cranioplasty, 1999,The Cleft Palate-Craniofacial Journal, , , 127-130
- Kim et al. 2014: Kim J. K.,; Kwon D. R.; Park G-Y. , A New Ultrasound Method for Assessment of Head Shape Change in Infants With Plagiocephaly, 2014,Annals of Rehabilitation Medicine, , , 541-547
- Kodak: persönliche Anfrage zu Kamera über Verbraucher-Hotline, 2003
- König Thomas; Skripten zur allgemeinen Neuropsychologie, Kapitel 3, Universität Bern , Januar 2003
- Kimonis V, gold JA, Hoffmann TL, Panchal J, Boyadjiev SA. (2007) Genetics of craniosynostosis,Semin Pediatr Neurol. 2007 Sept;14(3):150-61
- Komenda S and Klements J. Proportion of body dimensions in children and youth. SPN. 1978

- Konecny / Lehmann: Photogrammetrie; Walter de Gruyter, Berlin – New York 1984
- Koskinen - Moffett L., Moffett V. C., Graham J. M. Jr. (1989). Sutures and intrauterine deformation. In: Persing J. A., Edgerton M. T., Jane J. A. (Eds.): Scientific foundations and surgical treatment of craniosynostosis. William & Wilkins Baltimore, pp. 96 – 106
- Kruse et al. 2013: Kruse Gujer A., Jacobsen C, Grätz K.W., Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, 2013
- Lajeunie E., Le Merrer M., Bonaiti – Pellie C., Marchac D., Renier D. (1996). Genetic study of scaphocephaly. Am J Med Genet 62, 282 – 285
- Lajeunie E., Le Merrer M., Bonaiti- Pellie C., Marchac D., Renier D. (1995) Genetic study of nonsyndromic coronal craniosynostosis. Am J Med Genet 55, 500 – 524
- Lakhani RS, Tatum SA Update on craniofacial surgery. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg (United States), Aug 2003, 11(4) p291-4
- Lessard 2007: Lessard S., Projet de standardisation clinique explorant l'effet du traitement ostéopathique sur les asymétries crâniennes chez les nourrissons, 2007
- Lessard et al. 2011: Lessard S.; Gagnonb I.; Trottiera N., Exploring the impact of osteopathic treatment on cranial asymmetries associated with nonsynostotic plagiocephaly in infants, 2011, Complementary Therapies in Clinical Practice, , , 193–198
- Liem Torsten : Kraniosakrale Osteopathie. 3. Auflage Hippokrates 2001
- Likus et al. 2014: Likus W, Bajor G, Gruszczynska K, Baron J, Markowski J, Machnikowska-Sokolowska M, Milka D, Lepich T, Cephalic index in the first three years of life study of children with normal brain development based on computed tomography, 2014, The Scientific World Journal,,502836
- Lima D (2004) , The Management of deformational plagiocephaly: a review af the literature. J Prosth 16(4): 9-14
- Littlefield et al. 2008: Littlefield TR, Saba NM, Kelly KM., On thecurrent incidence of deformational plagiocephaly: an estimation based on prospectiveregistration at a single center, 2004, Seminars in Pediatric Neurology, , , 301-304

- Losee et al. 2007: Losee JE, Mason AC, Dudas J, Hua LB, Mooney MP., Nonsynostotic occipital plagiocephaly: factors impacting onset, treatment, and outcomes., 2007, Plastic and Reconstructive Surgery, , , 1866-1873
- Loveday et al. (2001), Loveday, de Chelain, Active counterpositoning or orthetic device to treat positional plagiocephaly factors impacting onset, treatment, and outcomes, 2001 , Journal of Craniofacial Surgery,,308-313
- Magoun Harold Ives , D.O. Osteopathy in the cranial field. 2. Auflage. 1997. Sutherland cranial teaching foundation, inc.
- Majid et al. 2005: Majid, Z.; Chong, A. K.; Ahmad, A.; Setan, H.; Samsudin, A. R., Photogrammetry and 3D laser scanning as spatial data capture techniques for a national craniofacial database, 2005, The Photogrammetric Record, , , 48-68
- Mändle, Opitz-Kreuter, Wehling. Das Hebammenbuch. Schattauer 2003
- Mändle et al., Mändle Christine, Opitz-Kreuter Sonja, Das Hebammenbuch: Lehrbuch der praktischen Geburtshilfe, 2014
- Marchac D., Renier D. (1995). Craniofacial surgery for craniosynostosis. Little, Brown & Co. Boston
- Marentette LJ, Kim JY Correction of nonsyndromal craniosynostosis. Facial Plast Surg Clin North Am (United States), Feb 2001, 9(1) p93-9
- Martius G, Heidenreich W. Hebammenlehrbuch. Hippokrates, 1999
- Martius G., Rath W. Geburtshilfe und Perinatalogie. Thieme 1998
- Mathijssen I. M., Vaandrager J. M., Meulen J. C. van der, Pietermann H., Zonneveld F. W., Kreiborg S., Vermeij-Keers C. (1996). The role of bone centers in the pathogenesis of craniosynostosis: an embryologic approach using CT measurements in isolated craniosynostosis and Apert and Crouzon syndromes. Plast Reconstr Surg 98, 17- 26
- Mawji et al. 2013: Mawji A, Robinson Vollmann A., Hatfield J, McNeil D.A., Sauvé R, The incidence of Positional Plagiocephaly: A Cohort Study, 2013, Pediatrics
- Meyer-Marcotty et al. 2014: Meyer-Marcotty P.; Böhm H.; Linz C.; Kochel J.; Stellzig-Eisenhauer A.; Schweitzer T., Three-dimensional analysis of cranial growth from 6 to 12 months of age, 2014, The European Journal of Orthodontics, , , 489-496
- Miller et al. 2000: Miller R.I.; Clarren S.K., Long term developmental outcomes in patients with deformational plagiocephaly, 2000, Pediatrics, , , 26

- Moiré-Effekt Wikipedia 2016: , Moiré-Effekt , 2016
- Moore Keith L.. Embryologie. 2. Auflage. F. K. Schattauer 1985.
- Moore Keith L.. Grundlagen der medizinischen Embryologie. 2. Auflage. Enke Stuttgart 1996.
- Morton RP, Reynolds RM, Ramakrishna R, Levitt MR, Hopper RA, Lee A, Browd SR.. Low-dose head computed tomography in children: a single institutional experience in pediatric radiation risk reduction: clinical article. J Neurosurg Pediatr. 2013 Oct;12(4):406-10
- Moss M. L. (1959). The pathogenesis of premature cranial synostosis in man. Acta Anat 37, 351 – 370
- Mulliken et al. 1999: Mulliken, Vander Woude, Hansen, LaBrie, Scott, Analysis of Posterior Plagiocephaly Deformational versus Synostotic, 1999, Plastic and Reconstructive Surgery,,,371-380
- Niessen Karl-Heinz . Pädiatrie. 3. Auflage. 1993. VCH-Verlagsgesellschaft
- Niethard Fritz U. Kinderorthopädie. 1997 Thieme Stuttgart
- Notni G., Gerold F., et al., Anwendungen der Weißlichtinterferometrie, Technische Akademie Esslingen 1997
- Ogle R Craniofacial surgery. J Neurosurg (United States), Mar 2002, 96(3) p637
- Oswald-Vormdohre Gabriele. Geburtsmechanismus: In: Das Hebammenbuch Mändle et al. 2003 Schattauer
- Ouddhof HAJ. (1982). Sutural Growth. Acta Anat 1982; 112 : 58 – 68
- Panchal et al. 2001: Panchal J, Amirshaybani H, Gurwitch R, Cook V, Francel P, Neas B, Levine N, Neurodevelopment in children with single-suture craniosynostosis and plagiocephaly without synostosis 2001,,, 1492-1498
- Panchal J, Uttchin V Management of craniosynostosis. "Plast Reconstr Surg (United States), May 2003, 111(6) p2032-48; quiz 2049"
- Pearl M. Finkelstein J. and Berman MR. Temporary widening of cranial sutures during recovery from failure to thrive. A not-uncommon clinical phenomenon. Clin. Pediatr 1972; 11: 427 - 430
- Perrie SM, Huggler A, Russenberger M et al. The reaction of cortical bone to compression. Acta Orthop. Scand. Suppl 1969; 125: 19 - 29
- Pfleiderer Albrecht. Gynäkologie und Geburtshilfe. 3. Auflage. Thieme Stuttgart 2000
- Philippi et al. 2006:
Philippi H,;Faldum A.;Schleupen A.; PabstB.; Jung T.; Bergmann H.;Biebe

- r I.; Kaemmerer C.; Dijs P.; Reitter B., Infantile postural asymmetry and osteopathic treatment: a randomized therapeutic trial, 2006, *Developmental Medicine & Child Neurology*, , , 5-9
- Pollack De C., Renier D., Hott M., Marie P. J. (1996). Increased bone formation and osteoblastic cell phenotype in premature cranial suture ossification (craniosynostosis). *J Bone Miner Res* 11, 401-407
- Pollack I. F., Losken H. W., Fasick P. (1997). Diagnosis and management of Posterior plagiocephaly. *Pediatrics* 99, 180 – 185
- Prokopec M., Zlámálová H., Lipková V. and Grunt J. Comparison of basic body Dimensions of Czech and Slovak children and youth. *Cs. Pediat.* 1991 ; 46 : 205 - 213
- Pschyrembel, *Klinisches Wörterbuch*. 258. Auflage; Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1998
- Rauber – Kopsch, *Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen*, Band I, 1939 Thieme Stuttgart
- Reibaud P. , A. Andreiux. *Potentiel Osteopathique Craniens*. Auflage. Cetoim-Etoim-Lyon Editions De Verlaque 1989.
- Restle Jochen, *Optimierung der Weißlichtinterferometrie*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH 2004
- Retzlaff E. and Mitchell F. *The cranium and its sutures*. Springer, Heidelberg 1987
- Retzlaff E. W., Michael D. K. and Roppel R. M. Cranial bone mobility. *J. Am Osteopath Assoc.* 1975; 74: 138 – 146
- Riphagen et al. 2008: Riphagen, J.M.; van Neck, J.W.; van Adrichem, L.N.A. , *3D Surface Imaging in Medicine:: A Review of Working Principles and Implications for Imaging the Unsedated Child*, 2008
- Ripley et al. 1994: Ripley C.E.; Pomatto J.; Beals S.P.; Joganic E.F.; Manwaring K.H.; Moss S.D., *Treatment of Positional Plagiocephaly with Dynamic Orthotic Cranioplasty*, 1994, *Journal of Craniofacial Surgery*, , , 150- 159
- Robin N. H. (1999). Molecular genetic advances in understanding craniosynostosis. *Plast Reconstr. Surg* 103, 1060 - 1070
- Rüppel B. , S. Waldmann, Ch. Reuss. *Gynäkologie und Geburtshilfe*. Gustav Fischer Lübeck/Stuttgart/Jena/Ulm 1998.

- Rütt Prof. Dr. A. . Die geburtstraumatischen Verletzungen des Kindes.
Doktorarbeit von Marianne Heimberger-Hettenbach, 8. November 1982
Schüller A. Craniostenosis. Radiologie 13, 377 – 382 (1929)
- Schaaf et al. 2006: Schaaf H.; Streckbein P.; Ettorre G.; Lowry J. C.; Mommaerts M. Y.; Howaldt H-P., Standards for digital photography in cranio-maxillo-facial surgery – Part II: Additional picture sets and avoiding common mistakes, 2006, Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, , , 444–455
- Schaaf et al. 2010: Schaaf H.; Wilbrand J-F.; Boedeker R-H.; Howaldt H-P., Accuracy of Photographic Assessment Compared With Standard Anthropometric Measurements in Nonsynostotic Cranial Deformities, 2010, The Cleft Palate–Craniofacial Journal, , ,
- Schulte, Spranger. Lehrbuch der Kinderheilkunde. 27. Auflage. Gustav Fischer Stuttgart/Jena/New York 1993
- Schweitzer T, Böhm H, Meyer-Marcotty P, Collmann H, Ernestus RI, Krauß J., Avoiding CT scans in children with single-suture craniosynostosis. Childs Nerv Syst. 2012 Jul;28(7):1077-82
- Sergueef Nicette (1995). Die kraniosakrale Osteopathie bei Kindern. Verlag für Ganzheitliche Medizin / Wühr GmbH Kötzing/Bayer. Wald
- Sergueef et al. 2006: Sergueef N.; Nelson K.E.; Glonek T., Palpatory diagnosis of plagiocephalie, 2006, Department of Osteopathic Manipulative Medicine, Midwestern University, , , 101- 110
- Shin JH, Sun P, Persing JA Secondary craniofacial management following initial Correction of nonsyndromic craniosynostosis. Clin Plast Surg (United States), Jul 1997,24(3) p415-28
- Sitzmann F. C. Pädiatrie. 1995. Hippokrates Stuttgart
- Sömmering S. T. Vom Bau des menschlichen Körpers. Erster Teil: Knochenlehre. Frankfurt am Main 1791
- Stauber M., Weyerstahl T.. Gynäkologie und Geburtshilfe. Thieme Stuttgart 2001
- Stegner Hans-E. Gynäkologie und Geburtshilfe. Enke Reihe zur AOÄ, Enke Stuttgart 1996
- Steilner A., Haus E., Gross S. Gynäkologie und Geburtshilfe. Auflage 1999. Verlag Haus & Gross Völklingen.
- Stellwagen et al. 2008: Stellwagen, Hubbard, Chambers, Lyons Jones, Torticollis, facial asymmetry and plagiocephaly in normal newborns, 2008, Archives of Diseases in Childhood, , , 827-831

- Stephen MW(2001), The pathogenesis of craniosynostosis in the fetus. Yonsei Med 42:646-659
- Sullivan PK, Tattini CD Early evaluation and management of craniofacial dysmorphology. Med Health R I (United States), Dec 2001, 84(12) p392-4
- Sun P. P., Persing J. A. (1999). Craniosynostosis. In: Albright A. L., Pollack I. F., Adelson P. D. (Ed.): Principles and practice of pediatric neurosurgery. Thieme New York, pp. 219 – 241.
- Teichgraeber et al. 2001: Teichgraeber, Ault, Baumgartner, Waller, Messersmith, Gateño, Bravenec, Xia, Deformational Posterior Plagiocephaly: Diagnosis and Treatment , 2001, The Cleft Palate-Craniofacial Journal, , ,
- Teichgraeber et al. 2002: Teichgraeber J.F.; Ault J.K.; Baumgartner J.; Waller A.; Messersmith M.; Gateño J.; Bravenec B.; Xia J., Deformational posterior plagiocephaly: diagnosis and treatment., 2002, The Cleft Palate Craniofacial Journal, , , 582-586
- Teichgraeber et al. 2004: Teichgraeber; Seymour-Dempsey; Baumgartner; Xia; Waller; Gateno, Molding Helmet Therapy in the Treatment of Brachycephaly and Plagiocephaly, 2004, Journal of Craniofacial Surgery, , , 118-123
- Tepperwein Kurt. Menschen erkennen, Menschen verstehen. Silberschnur 1998
- Tomic Petar: TAPKO – Technologies, Referat: Vermeßungsmöglichkeiten an Dreidimensionalen Objekten , Eigene Aufzeichnungen Sept.2003
- Tomic Petar: Beratung zur Vermessung Dreidimensionaler Objekte, Aufzeichnungen Sept. 2015
- Tudoric Ghemo Prof. Dr. Physik, Universität Split, Vorlesungsskript – Physik-Grundlagen 1984
- Upledger John E. , D.O., F.A.A.O. Craniosacral Therapy II. 8. Auflage 1995. Eastland Press Seattle
- Upledger John E. , D.O., F.A.A.O., Jon D. Vredevoogd, M.F.A. Craniosacral Therapy. 21. Auflage 2000. Eastland Press Seattle
- Upledger John E. , D.O., O.M.M. A brain is born. North Atlantic Books 1996.
- Van Vlimmeren et al. 2006; von Vlimmeren, akken, von Adrichem, von der Graaf, Helders, Engelbert, Plagiocephalometry: a non-invasive methode to qualitifity asymmetry oft he skull, a reliability study 2006, European Journal of Pediatrics,,,149-157

- von Vlimmeren et al. 2004: van Vlimmeren L. A.; Helders P. J. M.; van Adrichem L. N. A.; Engelbert R. H. H., Diagnostic strategies for the evaluation of asymmetry in infancy; A review , 2004,European Journal of Pediatrics, , , 185-191
- van Vlimmeren 2007: van Vlimmeren, van der Graaf , Boere-Boonekamp, L'Hoir, Helders, Engelbert, Risk factors for deformational plagiocephaly at birth and at 7 weeks of age: a prospective cohort study., 2007,Pediatrics, , , 408-418.
- van Vlimmeren et al. 2006: van Vlimmeren, Takken, van Adrichem, van der Graaf, Helders, Engelbert., Plagiocephalometry: a non-invasive method to quantify asymmetry of the skull; a reliability study., 2006,European Journal of Pediatrics, , , 149-157
- Virchow R. Über den Kretinismus, namentlich in Franken und über Pathologische Schädelformen. Verhandl Phys Med Ges Würzburg 2 , 230 – 270 (1851)
- Wassermann H., Einfluss der operativen Behandlung auf die Entwicklung von Kindern mit nonsyndromaler Kraniosynostose. Dissertation von Jamila-Stephanie Azouz, 2008
- Weinberg et al. 2006: Weinberg SM, Naidoo S, Govier DP, Martin RA, Kane AA, Marazita ML., Anthropometric precision and accuracy of digital three-dimensional photogrammetry: comparing the Genex and 3dMD imaging systems with one another and with direct anthropometry., 2006,The Cleft Palate-Craniofacial Journal, , , 477-483
- WHO 2016: WHO, Child growth standards, 2016
- Wikipedia, Streifenprojektion Stand vom 26. August 2015 um 09:49 Uhr
- Wilbrand et al. 2011: Wilbrand JF, Wilbrand M, Pons-Kuehnemann, Blecher JC, Christophis P, Howaldt HP, Schaaf H, Value and reliability of antropometric measurement of cranial deformity in early childhood, 2011, Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery,,, 24-29
- Wilbrand et al. 2012: Wilbrand JF, Schmidtberg K, Bierther U, Streckbein P, Pons-Kuehnemann J, Christophis P, Hahn A, Schaaf H, Howaldt HP (2012), Clinical classification of infant nonsyndromic cranial deformity.J Pediatr 2012 Dec; 161(6):1120-5
- Weckenmann 2012: Weckenmann A., Koordinatenmesstechnik, 2012

Wolff J. Das Gesetz der Transformation der Knochen AH. Hirschwald, Berlin
1982 Zeilhofer Hans-Florian, Veröffentlichung der Klinik und Poliklinik für
MKG-Chirurgie an der TU-München 2003

Zöller J., Mühling J. (1996). Klinik der kraniofazialen Synostosen. Dtsch Z Mund
Kiefer GesichtsChr 20, 184 – 189

9 Anhang

9.1 Definitionsverzeichnis

Angeborene Fehlbildungen

Angeborene Fehlbildungen (Geburtsfehler) sind anatomische oder strukturelle Defekte, die zum Zeitpunkt der Geburt nachweisbar sind (lat. congenitus, angeboren). Die Morphogenese, d.h. die Differenzierung von Zellen und Geweben, die die Organe und Teile des Embryos bilden, ist ein komplexer Vorgang, und es ist deshalb nicht überraschend, dass Fehlbildungen entstehen, die aus einer Dysmorphogenese resultieren (griech. dys, anormal) (Moore 1996).

Beckenendlagen = BEL

Beckenendlagen sind eine Regelwidrigkeit der Pol-Einstellung, wobei sich der Kopf des Kindes am Fundus uteri befindet. Der führende Teil sind der Steiß beziehungsweise die Beine des Kindes in verschiedenen Variationen (Mändle et al. 2003).

Caput succedaneum (Geburtsgeschwulst)

Teigige Anschwellung des lockeren Bindegewebes zwischen Galea und Periost unter der Geburt (= supraparietales Ödem bzw. Sero-Hämatom), reicht über die Schädelnähte hinaus.

Computertomographie (CT)

Aufzeichnung der Abschwächung von Röntgenstrahlen bei der Passage durch den Körper in verschiedene Richtungen. Aus den Projektionen eines Gewebeabschnittes wird durch geeignete Verfahren eine 2D-Bildmatrix der Röntgenabsorption errechnet und mit Hilfe einer Grauwertskala dargestellt (Thomas König 2003)

CT - Grundprinzip (Röntgen)

Elektronen aus einer Kathode treffen auf eine Anode (Metall) und erzeugen so eine elektromagnetische

Strahlung (Gammastrahlung) Röntgenstrahlen können photographische Filme schwärzen und Stoffe zur Lichtemission anregen (Thomas König 2003).

Deformation

Form- oder Lageanomalien durch mechanische Einflüsse auf Organe oder Körperteile, die die Entwicklung bereits abgeschlossen haben (Sitzmann 1995; Moore 1985).

Disruption

Anomalien infolge einer sekundären exogenen Entwicklungsstörung in einer primär normal angelegten Region (Sitzman 1995).

Dyscephalie:

- 1.) pathologische Konfiguration des Hirnschädels (Schädeldysostose, Dyskranie) vgl. Makrozephalie, Mikrozephalie, Stenozephalie;
- 2.) zerebrale Funktionsstörung bei dyskranialen Kindern (Pschyrembel 1998)

Dyskranie

Hierzu gehören Variationen von Schädelgröße und -form (Niessen 1993).

Pathologische Schädelform (Pschyrembel 1998)

Dysplasien

Entwicklungsstörungen von Geweben. Diese Entwicklungsstörungen sind in der Regel generalisiert, symmetrisch, oft nicht progredient. Es können einzelne Gewebe betroffen sein (Monodysplasien) oder auch mehrere Gewebe (Multidysplasien) (Keller/Wiskott 1991).

Gewebsdefekt, oft mit morphologischen Veränderungen an mehreren Körperteilen einhergehend, infolge der fehlerhaften Differenzierung einer Gewebeart (Sitzmann 1995).

Einstellung im Hinblick auf die Geburt

Verhältnis des vorangehenden Teils zum Geburtskanal (Pfleiderer 2000).

Einstellungsanomalien

Zu den Einstellungsanomalien zählen: hoher Geradstand, Scheitelbeineinstellung, tiefer Querstand und hintere Hinterhauptslage (Sitzmann 2000).

Embryopathie

Exogene Störungen eines primär normal angelegten Embryos durch eine teratogene Noxe. Die Variabilität ist meist größer als bei Fehlbildungssyndromen; sie ist abhängig vom Zeitpunkt der Einwirkung der Noxe in der Embryogenese (z.B. Alkoholembryopathie) (Keller/Wiskott 1991).

Embryopathien: 16. bis 60. Schwangerschaftstag, Fetopathien: 61. bis 280. Schwangerschaftstag. Durch Virämie, Bakteriämie und Parasitämie in der Schwangerschaft kann es zu hämatogen-dia plazentaren Infektionen kommen. Der Embryo beziehungsweise Fetus kann noch nicht erregerspezifisch reagieren, so dass es häufig zu schweren Organschäden des ungeborenen Kindes kommen kann (Mändle et al. 2003).

Embryo- und Fetopathien: (Mändle et al. 2003)

T Toxoplasmose

O Other (andere) Listeriose, Varizellen, HIV und Syphilis connata

R Rubella (Röteln)

C Cytomegalovirus (Zytomegalie)

H Herpes-simplex-Virus

Erworbene Fehlbildungen

können sich als Deformationen in der Fetalperiode entwickeln. Sie sind dann zwar ebenfalls vorgeburtlich entstanden, aber nicht mehr als kongenital einzustufen (Niethard 1997).

Fehlanlagen

Fehlanlagen bzw. angeborene Fehlbildungen (Malformationen) sind lokalisierte Anomalien der Organe, für den kinderorthopädischen Bereich speziell für Extremitäten

und der Wirbelsäule, die als Störung der Keimanlage während der Embryonalphase entstehen (Niethard 1997).

Fehlbildung = Malformation

Anomalien eines Organs, von Organ- oder Körperteilen durch eine primäre Anlagestörung in der Region (Sitzmann 1995, Moore 1985).

Fehlbildungssyndrom

Mit der Bezeichnung Fehlbildungssyndrom (oder Syndrom) wird das Zusammentreffen von Fehlbildungen und / oder Anomalien bezeichnet, die aufgrund einer (bekannten oder vermuteten) gemeinsamen, meist genetischen Ätiologie entstanden sind. Embryologisch lassen sich die das Syndrom ausmachenden einzelnen Fehlbildungen meist nicht voneinander ableiten (Keller/Wiskott 1991).

Geburtsweg

Der Weg, den das Kind bei der Geburt passieren muss, setzt sich zusammen aus: dem knöchernen Becken und den Weichteilen, bestehend aus unterem Uterinsegment, Zervix, Vagina, Vulva und Beckenbodenmuskulatur (Mändle et al. 2003).

„**Gesetz des kleinsten Zwanges**“ bzw. Bestreben nach Formübereinstimmung

In jeder Etage des Beckens verhält sich der kindliche Kopf so, dass er mit dem geringsten Kraftaufwand am leichtesten hineinpasst. („Gesetz des kleinsten Zwanges“ bzw. Bestreben nach Formübereinstimmung) (Mändle et al. 2003).

Gesichtslage

Die Gesichtslage ist eine Folge der maximalen Streckung des Kopfes. Sie ist durch eine starke Gewebsspannung im Bereich der Kopf-Hals-Verbindung gekennzeichnet (Martius/Rath 1998).

Haltung des Kindes im Hinblick auf die Geburt

Die Haltung bezieht sich auf den kindlichen Kopf, der normalerweise gebeugt (flektiert) ist. Jede Streckung (Deflexion) ist für RÜPPEL (Rüppel et al. 1998) eine Haltungsanomalie.

Räumliche Beziehung der kindlichen Teile zueinander, insbesondere des Kopfes zum Rumpf (Pfleiderer 2000).

Haltungsanomalien im Hinblick auf die Geburt

sind Regelwidrigkeiten der Beziehung des Kopfes zum Rumpf. Für die Beurteilung der Haltung ist im Verlauf der Geburt der Höhenstand des Kopfes zu berücksichtigen, da sich auch unter normalen Bedingungen die Haltung mit dem Tiefertreten des Kopfes ändert (Martius/Heidenreich 1999). Dazu zählen: Scheitellage, Vorderhauptslage und Stirnlage (Sitzmann 1995).

HinterhauptEinstellung (Leitstelle = kleine Fontanelle) (Mändle et al. 2003).

Hintere Hinterhauptslage (= HHL)

Der gebeugte Kopf hat sich mit dem Hinterhaupt zur Kreuzbeinaushöhlung gedreht.

Ein Austritt ist nur durch eine weitere Beugung des Kopfes möglich (Pfleiderer 2000).

Hoher Gradstand

Der Kopf steht gerade mit dem Hinterhaupt nach vorne (dorsoanterior) oder nach hinten (dorsoposterior) über dem querovalen Beckeneingang.

Hydramnion

Von einem Hydramnion spricht man, wenn am Geburtstermin mehr als 1,5 l Fruchtwasser vorhanden sind.

Infektionen

Strenggenommen heißt Infektion die Ansteckung, d.h. das Anhaften, Eindringen und Vermehren des Erregers mit Auslösen von Krankheitssymptomen (Martius/Heidenreich 1999).

Innere Überdrehung des Kopfes

Bei der inneren Überdrehung des Kopfes dreht sich der Kopf im Becken nicht nur mit dem Hinterhaupt nach vorne, sondern zur entgegengesetzten Seite (Pfleiderer 2000).

Intrauterine Wachstumsretardierung

Von einer intrauterinen Wachstumsretardierung (IUWR) wird gesprochen, wenn das klinisch oder sonographisch feststellbare Größen- und Längenwachstum des Kindes um 10% oder mehr unterhalb der 10-Perzentilen-Marke für das jeweilige Schwangerschaftsalter liegt (Mändle et al. 2003).

Kephalhämatom

Durch die mechanische Verformung des Kopfes beim Durchtritt durch das Becken kann es zum Kephalhämatom (Kopfbluterguss) oder zur Geburtsgeschwulst (Caput succedaneum) kommen. Das Kephalhämatom ist ein Bluterguss unter der Knochenhaut der Schädelknochen und wird durch die Schädelnähte begrenzt. Die Geburtsgeschwulst ist ein Ödem im Subkutangewebe der Kopfhaut und übergreift die Schädelnähte (Rüppel et al. 1998).

Durch die tangential einwirkenden Kräfte kommt es zur Verschiebung zwischen Knochen und äußerem Periost mit Zerreißung kleiner Gefäße und Blutung zwischen Knochen und Periost. Gelegentlich besteht eine kleine Fissur oder Infraktion der Schädelknochen (Sitzmann 1995).

Kongenitale Missbildung

Einige der kongenitalen Missbildungen werden durch genetische Faktoren (Chromosomenanomalien, Genmutationen) hervorgerufen, andere durch Umweltfaktoren (Krankheitserreger, teratogene Substanzen), die meisten wahrscheinlich durch das Zusammentreffen beider Faktorengruppen (Mändle et al. 2003).

Kraniometrie

Vermessung der Röntgenbilder)

The scientific measurement of the dimensions of the bones of the skull and face. It applies to measurement of the dead skull as opposed to Cephalometrie, measurements performed on the living skull (Medline).

(Cephalometrie : Scientific measurement of the dimensions of the head. In dentistry, certain combinations of measurements developed from tracing the oriented lateral and frontal radiographic head film are used to assess craniofacial growth and development and to determine the nature of the orthodontic treatment response (Medline).)

Kraniostenosen

Unter Kraniostenosen versteht man ein Krankheitsbild mit vorzeitiger Schädelnahtverknöcherung und erhöhtem Schädelinnendruck sowie Formveränderungen des Schädels (Dyskranie) (Sitzmann 1995).

Kraniosynostosen

Kraniosynostosen sind das anatomisch und radiologisch erkennbare Symptom eines vorzeitigen Nahtverschlusses, die auch ohne Kraniostenosen gefunden werden können. Die Schädelform verändert sich bei dem Verschluss einzelner Nähte in typischer Weise. Nach der Virchow-Regel wächst der Schädel besonders in Richtung der vorzeitig verschlossenen Naht (Sitzmann 1995).

Lasermesstechnik

Aufbau und Beispiel

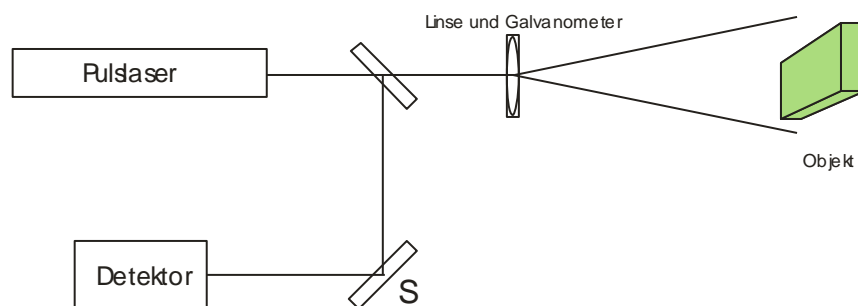


ABBILDUNG 75: LASERMESSTECHNIK TOMIC 2015

Basiert auf dem Laufzeitverfahren (englisch: time of flight, TOF, auch ToF) zum Distanzen messen. Dazu wird die Szene mittels eines Lichtpulses ausgeleuchtet, und das System misst für jeden Bildpunkt die Zeit, die das Licht bis zum Objekt und wieder zurück braucht.

Zum erfassen einer Szene wird Zeilen oder rasterartig die Szene überstrichen. Aus den gemessenen Entfernungen ergibt sich eine Punktwolke welche die 3D Szene repräsentiert.

Lichtstreifenprojektion im klinischen Bereich

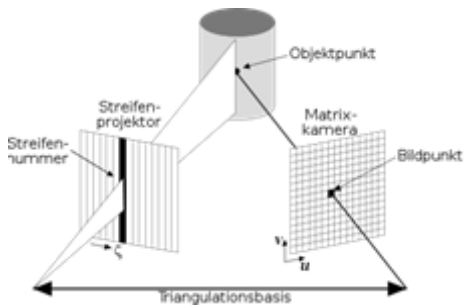


ABBILDUNG 76: LICHTSTREIFENPROJEKTION WIKIPEDIA 2015

Streifenprojektion Stand vom 26. August 2015 um 09:49 Uhr

Streifenprojektionsmesssystem: ein optisches 3D-Messverfahren für die schnelle und hochgenaue Formerrfassung von Objekten mittlerer Größe. Die hohe Flexibilität, einfache Handhabung und die sehr geringe Aufnahmezeit (wichtig bei der Aufnahme von Kindern) ermöglichen es, Objekte in wenigen Minuten zu vermessen. Das Messprinzip basiert auf kodierter Beleuchtung. Zur Vermessung wird die Oberfläche des Messobjektes nach einem patentierten Verfahren mit einem Streifenmuster beleuchtet. Eine Kamera beobachtet das beleuchtete Objekt von der Seite. Aus der sich daraus ergebenden Verschiebung der Streifen wird die Objektoberflächenform des Objektes berechnet. Durch diese digital vorliegenden Daten ist es möglich, graphisch durch Farbe hervorgehoben die Unterschiede zu verschiedene Zeitpunkten während der Therapie darzustellen.

Ein Beispiel aus der Zahnmedizin:

Gescannte dreidimensionale Kieferbilder.

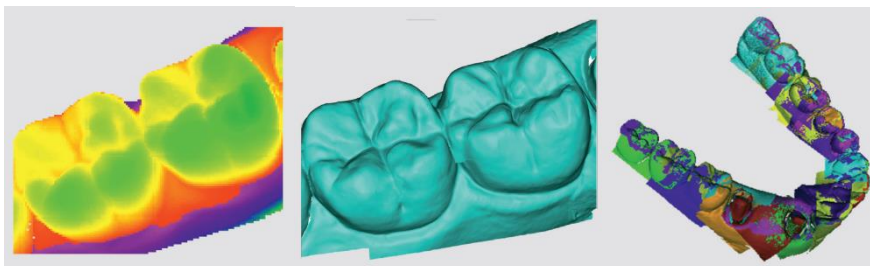


ABBILDUNG 77: GESCANTE DREIDIMENSIONALE BILDER FRAUENHOFER INSTITUT IOF 2007

Annual Report 2007

Makrosomie

Die Übergröße eines proportionierten Kindes mit einem Geburtsgewicht oberhalb der 90. Perzentile (Pfleiderer 2000).

Makrozephalus (Pschyrembel 1998)

Definition: Form der Dyszephalie mit pathologischer Vergrößerung des Schädelumfangs und der Schädelkapazität bezogen auf Brustumfang und die übrigen Körperproportionen (Achtung: in den ersten 3 Lebensjahren ist die Überproportionierung des kindlichen Schädels physiologisch !)

Malformationen

angeborene Fehlbildungen (Niethard 1997) bzw. Fehlanlagen

Mikrozephalie (Pschyrembel S. 1998)

Definition: Form der Dyszephalie mit pathologischer Verkleinerung von Umfang und Inhalt des Schädels im Vergleich zu den altersentsprechenden Größenverhältnissen der übrigen Körperteile; häufig in Kombination mit verschiedenen Deformierungen des Schädels (z.B. Stenozephalie)

Einteilung:

nach den Ursachen;

- 1.) Primäre Mikrozephalie: ohne erkennbare Ursache,
- 2.) Sekundäre Mikrozephalie: Infolge pränataler Erkrankungen (Embryopathia rubeolosa, Toxoplasmose). Die zur sekundären Mikrozephalie führenden Erkrankungen führen häufig auch zu einem Hydrozephalus (Hydromikrozephalus)

Vorkommen: Familiäre Formen, im Rahmen von Stoffwechsel- und Ossifikationsstörungen, bei Neurofibromatosis generalisata, Folgezustand bei Hydrocephalus, Megalenzephalie

Missbildung

Eine angeborene Missbildung ist eine zum Zeitpunkt der Geburt vorhandene anatomische Anomalie (Mändle et al. 2003).

Mangelgeburt

Sie wird zwar um den errechneten Geburtstermin geboren, ist aber zu klein für das Alter; Small for date baby (Rüppel et al. 1998).

MRT

Non-invasive method of demonstrating internal anatomy based on the principle that atomic nuclei in a strong magnetic field absorb pulses of radiofrequency energy and emit them as radiowaves which can be reconstructed into computerized images. The concept includes proton spin tomographic techniques (Medline).

MRI - Prinzip

Atomkerne besitzen einen Kernspin (Eigendrehimpuls); Anlegung eines starken äusseren Magnetfeldes; Kerne richten sich im Magnetfeld aus; Gleichgewichtszustand (makroskopisch beobachtbar); Einstrahlung eines elektromagnetischen Impulses (kurzer Hochfrequenzpuls); Gleichgewichtszustand der Kernpopulation wird gestört; Innerhalb eines gewissen Zeitraumes nehmen die Atomkerne wieder die Gleichgewichtsstellung ein; Messung des Resonanzsignals (Thomas König 2003)

Normale Geburt

Eine normale Geburt ist die Entbindung eines reifen Kindes 10 Tage vor bis 10 Tage nach dem errechneten Geburtstermin (EGT) (Rüppel et al. 1998).

Oligohydramnion

der Fruchtwassersaum über dem fetalen Rücken beträgt weniger als 2 cm zwischen 2. und 3. Trimenon gemessen. Es wird von einem Oligohydramnion gesprochen, wenn am Geburtstermin weniger als 500 ml Fruchtwasser vorhanden sind (Pfleiderer 2000).

Parallaktischer Winkel

Entfernung der Augenbasis in der westlichen Zivilisation 65mm, dadurch bilden die beiden Sehachsen der Augen bis zu einer Entfernung von ca. 600 Metern einen Winkel – den so genannten parallaktischen Winkel (Konecny/Lehmann 1984).

Pathologische Geburt

Das Eingreifen des Geburtshelfers ist zwingend erforderlich (Pfleiderer 2000).

Photogrammetrie

Die Photogrammetrie ist ein Verfahren zur Vermessung von Objekten nach Lage und Form. Dabei werden die Messungen nicht direkt am Objekt, sondern indirekt auf Bildern des Objektes vorgenommen. Die Photogrammetrie ist deshalb ein Verfahren der Fernerkennung (als Fernerkennung bezeichnet man die Ermittlung von Informationen über entfernte Objekte, ohne mit ihnen in direkten Kontakt zu kommen) (Konecny/Lehmann 1984).

Poleinstellung bei der Geburt

Bezeichnung des vorangehenden Kindsteiles (Pfleiderer 2000).

Polyhydramnie

Exzessive Vermehrung der Fruchtwassermenge über 2000ml.

Polyhydramnion

übergroße Fruchtwasserdepots bzw. ein Fruchtwassersaum von über 2 cm über dem kindlichen Rücken im 2. und 3. Trimenon (Pfleiderer 2000).

Querlage

Eine Quer- bzw. Schräglage besteht, wenn die Längsachse des Kindes mit der Längsachse des Uterus bzw. der Führungslinie einen Winkel bildet (Martius/Rath 1998).

Regelwidrige Geburt

Weicht eine Geburt in einem oder mehreren Gesichtspunkten von den statistischen Normen ab, so bezeichnet man sie als regelwidrig (Pfleiderer 2000).

Regelwidrige Haltung des Kopfes im Hinblick auf die Geburt

Wenn der Kopf im Verlauf der Geburt nicht wie bei der „regelrechten“ Hinterhauptshaltung mäßig gebeugt, sondern verstärkt gebeugt oder auch mehr oder weniger stark gestreckt, d. h. deflektiert ist (Pfleiderer 2000).

Roederer-Kopfhaltung

Bei der Roederer-Kopfhaltung handelt es sich um eine Haltungsanomalie über oder im Beckeneingang, also bei hochstehendem Kopf. Auf diese Weise kommt es zu einer Verminderung des Kopfumfanges von 35 cm (Circumferentia frontooccipitalis) auf 33 cm (Circumferentia suboccipitobregmatica) (Martius/Heidenreich 1999).

Scheitelbeineinstellung

Ist ein Anpassungsvorgang an einen im geraden Durchmesser verengten Beckeneingang.

Der über dem Beckeneingang quer stehende Kopf wird seitlich gekippt und kann so durch Verschiebung der Scheitelbeine gegeneinander auch einen verengten Beckeneingang passieren (Pfleiderer 2000).

Bei der Scheitelbeineinstellung findet sich eine regelwidrige Einstellung der Pfeilnaht im Beckeneingang. Die Pfeilnaht ist seitlich nach vorne in Richtung Symphyse oder nach hinten in Richtung Kreuzbein abgewichen (Mändle et al. 2003).

Scheiteleinstellung (Leitstelle = Pfeilnaht) (Mändle et al. 2003)

Scheitellage

Obwohl es sich bei der Scheitellage um eine indifferente Haltung des Kopfes handelt, wird diese Haltungsanomalie zu den Streckhaltungen gerechnet, da sich der Kopf im Vergleich zur normalen Flexionshaltung in Deflexion befindet. Bei der Scheitellage sind Beugung und Streckung des Kopfes ausgeblieben (Martius/Rath 1998).

Sequenz

Zusammentreffen von Fehlbildungen, die sich embryologisch von einem Primärdefekt ableiten lassen (z.B. Potter-Sequenz). Die Ätiologie kann uneinheitlich sein (z.B. Holoprosenzephalie) (Keller/Wiskott 1991).

Als Folge einer Anomalie entstehen weitere (Sitzmann 1995).

Sonographie

The visualization of deep structures of the body by recording the reflections of echoes of pulses of ultrasonic waves directed into the tissues. Use of ultrasound for imaging or diagnostic purposes employs frequencies ranging from 1.6 to 10 megahertz (Medline).

Spätgeburt

Eine Spätgeburt wird nach der 42. SSW geboren.

Stenozephalie (= Kraniostenose) Pschyrembel 1998:

- Form der Dyszephalie mit pathologischer Verkleinerung des Schädelumfangs bei meist normalem Rauminhalt (keine Mikrozephalie)
- Ursache: verfrühte Synostose eines oder mehrerer Schädelnähte, wodurch es zu einer Deformierung des Schädels (Dyskranie) kommt.
- Einteilung:
 - 1.) Akrozephalus: a) Turricephalus, b) Pyrgozecephalus
 - 2.) Skaphozecephalus
 - 3.) Pachycephalus

- 4.) Plagiocephalus
- 5.) Sphenocephalus (Trigonocephalus, Dreiecksschädel)
- 6.) Kleeblattschädel

Stirneinstellung (Leitstelle = große Fontanelle, Stirnnaht) (Mändle et al. 2003)

Stirnlage

Die Geburt des Kindes mit führender Stirn stellt schon wegen der erheblichen Raumbeanspruchung im Geburtskanal durch den Kopf eine Seltenheit dar. Bei dem mechanisch wirksam werdenden Kopfumfang in Form der Circumferentia maxilloparietalis von 39 cm (!) besteht bei einer Stirneinstellung im Becken in jedem Fall die Tendenz zur raumsparenden Umfangverminderung. Diese kann durch die vollständige Streckung des Kopfes zur Gesichtslage erreicht werden. Aus diesem Grund kann die Stirnlage auch als „unvollkommene Gesichtslage“ angesehen und bezeichnet werden (Martius / Rath 1998).

Symmetrische intrauterine Wachstumsretardierung

Eine Störung innerhalb der ersten 16 Schwangerschaftswochen führt zu einer gleichmäßigen Beeinträchtigung der Zellzahl und damit zu einer symmetrischen Ausprägung der Wachstumsretardierung (Pfleiderer 2000).

Syndrom

Multiple Anomalien mit gemeinsamer pathogenetischer Grundlage (Sitzmann 1995).

Teratogenität

Wird definiert als die Auslösung von Fehlbildungen durch spezielle Faktoren, wobei Fehlbildungen bei der Geburt nachweisbar anatomisch strukturelle Veränderungen darstellen, die meistens in der Embryogenese entstehen und die von der normalen Variabilität einer Spezies abweichen. Nach der Definition der WHO wird der Begriff der Teratogenität weiter gefasst: Sie umfasst alle Einflüsse, die zu morphologischen und biochemischen Anomalien sowie zu Verhaltensstörungen führen, die durch exogene Faktoren intrauterin induziert und unmittelbar nach der Geburt oder später diagnostiziert werden (Martius/Rath 1998).

Tiefer Querstand

Der Kopf steht dabei mit querrer Pfeilnaht in Scheitelhaltung auf dem Beckenboden. Da weder Flexion noch Deflexion vorliegt, fehlt der Zwang zur Drehung (Pfleiderer 2000).

TORCH-Infektionen (Mändle et al. 2003)

T = Toxoplasmose

O = Andere (Other) AIDS, Virushepatitis, Varizellen-Zoster (Windpocken), Masern, Mumps, Listeriose, Parvovirus, Syphilis u.a.

R = Röteln

C = Zytomegalie (engl. Cytomegaly)

H = Herpes simplex

Übertragung

Von einer Übertragung spricht man bei einer Schwangerschaftsdauer von mehr als 42 Wochen (Pfleiderer 2000).

Vorderhauptslage

Streckt sich der Kopf im Verlauf der Passage der Beckenhöhle so weit, dass die große Fontanelle in die

Führungslinie tritt, so handelt es sich um eine Vorderhauptslage (Martius / Rath 1998).

Vorderhauptseinstellung (Leitstelle = große Fontanelle) (Mändle et al. 2003)

9.2 Geburtsmechanik

Die regelrechte Geburt im Allgemeinen - Geburtsmechanismus am Beispiel der regelrechten vorderen Hinterhauptslage (VoHHL) - hier sind sich Mändle et al. (2003), Martius / Heidenreich (1999), Pfeleiderer (2000), Keller / Wiskott (1991), Rüppel et al. (1998), Martius / Rath (1998), Stegner (1996) und Steilner et al. (1999) einig vom Eintritt des Kopfes in das kleine Becken bis zur Geburt der Schultern

Eintritts-mechanismus	Der Kopf tritt quer oder leicht schräg in den Beckeneingang ein. Die Pfeilnaht verläuft entsprechend quer oder mit einer leichten Neigung zum 1. schrägen Durchmesser. Die Haltung des Kopfes ist noch ungezwungen.
Durchtritts-mechanismus	Die drei Bewegungen, die der Kopf beim Durchtritt durch die Beckenhöhle gleichzeitig ausführt, sind deutlich zu erkennen: Tiefertreten, Beugung und Drehung.
Austritts-mechanismus	Beginn der Austrittsbewegung. Um auszutreten, muss sich der Kopf im Bogen um die Symphyse herumbewegen (Abbiegung im Knie des Geburtsweges). Das tut er mit einer Streckbewegung (Deflexion). Die Gegend der Nackenhaargrenze (Hypomochlion = Stempunkt) stemmt sich am unteren Symphysenrand an, und der Kopf führt aus der Beugehaltung heraus die Deflexionsbewegung durch. Die Pfeilnaht verläuft im geraden Durchmesser, die Schultern treten quer oder leicht schräg in den Beckeneingang ein.
Vollendung der Austrittsbewegung, Geburt des Kopfes.	Mit Hilfe des Dammschutzes werden nacheinander Hinterhaupt, Vorderhaupt, Stirn und Gesicht über den Damm geboren. Die Streckbewegung um die Symphyse herum unter Führung der kleinen Fontanelle ist vollendet.
Beginn der äußeren Drehung des Kopfes	Während des Kopfaustritts haben sich in der Beckenhöhle die Schultern aus dem queren über einen schrägen in den geraden Durchmesser des Beckenausgangs gedreht. Äußerlich dreht sich der Kopf dabei um 90° in seine Ausgangsstellung zurück (äußere Drehung). Die vordere Schulter wird unter dem Schambogen sichtbar.
Vollendung der äußeren Kopf-drehung	Bei der 1. Stellung dreht sich das Gesicht des Kindes zum rechten Oberschenkel der Mutter. Bei der 2. Stellung dreht sich das Gesicht des Kindes zum linken Oberschenkel der Mutter. Die hintere Schulter wird über den Damm geboren.

TABELLE 34 GEBURTSMECHANIK

9.3 Daten der Haltungs- und Einstellungsanomalien

Wichtige geburtsmechanischen Daten der Haltungs- und Einstellungsanomalien

	Scheitellage	Vorderhaupts- lage	Stirnlage	Gesichtslage	Hintere Hinterhaupts- lage
Vorange- hender Teil	Pfeilnaht	große Fontanelle	Stirn	Gesicht	Kleine Fontanelle
Kopf- umfang	Circum- ferentia Fronto- occipitalis	Circum- ferentia frontooccipitalis	Circumferentia maxilloparietalis bzw. Zygomatico- parietalis	Circumferentia tracheo- parietalis	Circum- ferentia suboccipito- bregmatica
Hypo- moch- lion	Stirn-Haar- Grenze	Stirn	Oberkiefer bzw. Jochbein	Hals im Bereich des Kehlkopfes	große Fontanelle
Ab- biegung	erst Beugung, dann Streckung	erst Beugung, dann Streckung	große Beugung, kleine Streckung	große Beugung	kleine Beugung, große Streckung
Kopf- form	bevorzugt Rundkopf, Turmschädel	Brachyzephalie	Langkopf, Pyramidenform	Hyper- dolichocephalie	Hyperdolicho- zephalie, Hypodolicho- zephalie

TABELLE 35 DATEN DER HALTUNGS- UND EINSTELLUNGSANOMALIEN

9.4 Epidemiologische Tabelle

Schädel- und Gesichtsasymmetrien bei ausgetragenen Neugeborenen	(Martius G. et al., 1999)	10
Perinatale Sterblichkeit durch Geburtsleitung	(Martius G. et al., 1999)	< 1
Fehlbildungen der Allgemeinbevölkerung	(Pfleiderer A., 2000)	2 – 3
Erkennbar – schwer bei Neugeborenen	(Niessen K.-H., 1993)	3
Multiple schwere Fehlbildungen bei den 3 %	(Niessen K.-H., 1993)	0,7
Schwere Fehlbildungen bei frühen Embryonen Abgänge in den ersten 6 bis 8 SSW	(Niessen K.-H., 1993)	10 – 15
Geringfügige Fehlbildungen der Bevölkerung	(Moore K. L., 1996)	ca. 14
Fehlbildung bei Kindern epileptischer Mütter Ohne antikonvulsive Therapie Mit antikonvulsiver Therapie	(Pfleiderer A., 2000)	4 – 5 6 – 11
Regelwidrige Geburtsmechanismen	Sitzmann, 1995	5
Schädellagen - davon vordere Hinterhauptslage - davon hintere Hinterhauptsage ----- - davon Streckhaltung	Pfleiderer, 2000 Sitzmann, 1995 ----- Pfleiderer, 2000 Martius et al., 1998	90 – 94 90 – 92 3 - 5 ----- ca. 1
Unbekannte Ursachen für Beckenendlagen	Mändle et al., 2003	50
Beckenendlagen (Steißlage, Steiß-Fußlage, Fußlage, Knielag)	Pfleiderer, 2000 Martius et al., 1999 Sitzmann, 1995	4 - 6
Querlagen	Pfleiderer, 2000 Sitzmann, 1995 ----- Rüppel et al., 1998 Moore 1985	0,5 – 1 ----- 0,7
Quer- und Schräglage (alle SS) ----- Querlage bei Placenta praevia ----- Querlage bei Fundusplazenta ----- Querlage bei Zwillingen siehe extra Aufstellung	Pfleiderer 2000 ----- Martius et al. 1998 ----- Martius et al. 1998 -----	0,5 ----- 10 – 15 ----- 18 -----
Beckenendlage der Einlingsschwangerschaften	Pfleiderer 2000	3 - 5
Beckenendlagen bei Frühgeburten	Pfleiderer 2000	10 - 15

Beckenendlagen bei Mehrlingsschwangerschaften	Pfleiderer 2000	25
Von Beckenendlagen (3 – 5 %)		
----- Steißlagen mit gestreckt anliegenden Beinen	Pfleiderer 2000 Martius et al. 1998	60 – 70 66
----- Steiß – Fußlage	Pfleiderer 2000 Martius et al. 1998	ca. 20 15
----- Fußlage	Pfleiderer 2000 Martius et al. 1998	ca. 15 18
----- Knielage	Pfleiderer 2000 Martius et al. 1998	ca. 1 – 2 < 1
Gesichtslagen	Mändle et al. 2003	1: 500
HHL - aller Geburten	Mändle et al. 2003	0,5 – 1
Gesamthäufigkeit der Rötelinfectionen	Mathijssen I. M. et al. 1996	25
----- Rötelinfectionen im 1. SS-Monat	Plast Reconstr Surg 98, 17 – 26	50 – 60
----- Rötelinfectionen im 2. SS-Monat		25
----- Rötelinfectionen im 3. SS-Monat		15
----- Rötelinfectionen im 4. SS-Monat		7 - 10
----- Gesamtletalität mit kongenitalen Röteln geborene Kinder		13 - 20
Rötelinfectionsrate beim Feten > 12 Wochen Embryopathierate daraus	Martius et al., 1998	70 - 90 25 – 56
----- < 17 Wochen Embryopathierate daraus		50 16 - 10
-----		-----

2. Trimenon Embryopathien daraus -----		20 keine Angabe -----
3. Trimenon Embryopathierate daraus		> 35 ca. 3,5
Frauen im reproduktionfähigem Alter Chronische Alkoholikerinnen	Mathijssen et al., 1996, Plast Reconstr Surg 98, 17 - 26	ca. 2
Embryofetales Alkoholsyndrom -----	Sitzmann 1995 -----	1 : 900 -----
Alkoholembryopathie	Niessen 1993	1:212
Missbildungsrate bei chronischem Alkoholismus	Mathijssen et al., 1996, Plast Reconstr Surg 98, 17 - 26	bis zu 50
Symptomenkombination bei teratogenen Stoffen in der SS	Mändle et al., 2003	75
Fehlbildungsrate bei mütterlichem Diabetes ----- diabetischen Fetopathie ----- Polyhydramnion bei mütterlichem Diabetes ----- Makrosomie bei mütterlichem Diabetes	Mändle et al., 2003	10 – 10 ----- >40 ----- 20 ----- 25
Ursachen UNBEKANNT von kongenitalen Fehlbildungen	Moore 1996	54
Polyhydramnie	Mathijssen et al., 1996, Plast Reconstr Surg 98, 17 - 26	1:4000 zu selten diagnostiziert lt. Martius
Geburtshindernis knöchernes Becken	Pfleiderer 2000	0,5
Kephalhämatom ----- Kephalhämatom aller Lebendgeborenen ----- Kephalhämatom aller Lebendgeborenen	Rüppel et al., 1998; Sitzmann 1995 ----- Niessen 1993 ----- Mändle et al., 2003	0,5 – 3 ----- 0,4 - 2,5 ----- 5: 1000

Schädelfrakturen bei gleichzeitigem Kephalhämatom	Niessen 1993	etwa 25 - 50
Embryopathie bei intrauterinem Hydantoin o. Barbiturat/Primidon – Kontakt	Niessen 1993	10
Fehlbildung des Schädels durch Kokain	Niessen 1993	8
Übertragene Neugeborene - echte Übertragungen	Niessen 1993 Pfleiderer 2000	4,6 - 9,5 ca. 2,5
Uterusmyome bei Frauen über 30 Jahren	Pfleiderer 2000; Rüppel et al. 1998	20 - 30
Mütterlicher Diabetes insulinpflichtig aller SS	Pfleiderer 2000	ca. 1
Mütterlicher Diabetes bei SS	Mändle et al., 2003	3:1000
Missbildungsrate bei Kindern von Diabetikerinnen	Pfleiderer 2000 Mändle et al., 2003	2-3 % über der Norm
Pathologische Glucosetoleranz bei Geburtsgewicht über 4500g	Pfleiderer 2000	ca. 30
Fetale Fehlbildungen, insbesondere kraniale und spinale Spaltbildungen mit Hydramnion	Pfleiderer 2000	40
Fehlgeburt, Frühgeburt, Wachstumsretardierung, Fehlgeburt, Frühgeburt, Wachstumsretardierung	Pfleiderer 2000	< 8
Harnwegsinfekte – asymptomatische Bakteriurie	Martius 1998 Pfleiderer 2000	1 - 10 4 - 7
Harnwegsinfekte bei schwangeren Diabetikerinnen	Martius 1998	12,5 - 18,5
Harnwegsinfektionen – Asymptomatische Bakteriurie Zystitis aus asymptomatischer Bakteriurie Hochfieberhaften Pyelonephritis aus Zystitis	Pfleiderer 2000	4 - 7 1 – 2 30
Anfallshäufung bei Epileptikerinnen bei SS - prospektive Untersuchung	Pfleiderer 2000	50
Anfallshäufung bei Epileptikerinnen bei SS	Pfleiderer 2000	bei 1/3
Pathologischer Zervixabstrich in der SS	Pfleiderer 2000	ca. 1

Antikörper gegen Rötelvirus aller Erwachsenen in D	Pfleiderer 2000	ca. 90
Antikörper gegen Zytomegalie (CMV)	Pfleiderer 2000	ca. 50
Kongenitale Zytomegalie Bei infizierten Neugeborenen bei Geburt symptomatisch	Pfleiderer 2000)	ca. 10
----- Bei vorhandener Symptomatik bleibende Schäden	-----	90
----- Zytomegalie bei Gravidität	Sitzmann 1995	0,5 – 1
----- Manifestation bei Infektion des Kindes	-----	jede 5. – 15.
----- Zytomegalie Infektionsrate beim Feten Erstinfektion	Martius et al., 1998	40
----- Embryopathierate bei Geburt daraus		10
----- Davon sterben		30
Toxoplasmoseinfektion der Mutter Kurz vor oder während der SS	Pfleiderer 2000	1: 200
----- Toxoplasmose Antikörper der Deutschen	-----	30 – 50
----- Fetale Infektionsrate im 1. Trimenon	Pfleiderer 2000, Martius 1998	unter 20 bis 15
----- Fetale Infektionsrate im 2. Trimenon	Pfleiderer 2000, Martius 1998	ca. 45 bis 30
----- Fetale Infektionsrate im 3. Trimenon	Pfleiderer 2000	ca. 70
Rate der infizierten Feten ohne Symptome nach der Geburt	Pfleiderer 2000	ca. 90
Intrazerebrale Verkalkungen bei infizierten Toxoplasmose – Neugeborenen	Keller et al., 1991	ca. 2/3
Hydro-/Mikrozephalus bei infizierten	Keller et al., 1991	ca. 50

Toxoplasmose		
Mehrlingsschwangerschaften nach Hellin-Regel	Pfleiderer 2000; Martius 1998	8
Zwillingschwangerschaften		

Drillingsschwangerschaften		

Vierlingsschwangerschaften		

Inzidenzsteigerung für Mehrlings-SS nach Hormon- Stimulation		20-fache Steigerung ----- ca. 1: 45000 -----

Siamesische Zwillinge		

Frühgeburten bei Mehrlingsschwangerschaften		30 - 60
Beide Schädellagen bei Mehrlings SS	Pfleiderer 2000	55 -----

1.Kind SL, 2. Kind BEL		
-----		20 -----
1. Kind BEL, 2. Kind SL		10
Prozentuale Verteilung der geburtshilflichen Situationen bei Zwillingen (Poleinstellung, Lage)	modifiziert nach Chervaenak 1986 und Martius 1988 (Mändle et al, 2000)	
Beide Kinder in Schädellage		

Schädellage und Beckenendlage		

Beckenendlage und Schädellage		

Beide in Beckenendlage		

Schädellage und Querlage / Schräglage		42,5 -----
-----		26,0 -----
Beckenendlage und Querlage / Schräglage		6,9 -----
-----		6,1 -----
Beide Kinder in Querlage / Schräglage		12,4 -----
-----		5,0 -----
Beide Kinder in Querlage / Schräglage		0,6
BEL	Niethard 1997	5
ohne pathologischen Hüftbefund		

mit Hüftgelenksluxation		50
Stat. Korrelation von intrauterin erworbenen Deformitäten	Niethard 1997	
Mit der Hüftgelenksluxation		< 0,0001
Schädel		< 0,0001
Gesicht		< 0,0001
Kiefer		= 0,12
Muskulärer Schiefhals		< 0,0001
Säuglingsskoliose		
Klumpfüße		
HELLP-Syndrom an perinatalen Zentren	Martius 1998	1 auf 150 bis 300
HELLP-Syndrom anteilig bei Erstgebärenden		52 – 81
Wiederholungsrisiko für HELLP-Syndrom		3,4 - 24
Oligohydramnion	Martius 1998	4
Fetale Anomalien mit Polyhydramnion	Martius 1998	50
Langkopf (Dolichozephalie)	Martius 1998	über 80
Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte	Mändle 2003	1:1000
Angeborene Hypothyreose	Mändle 2003	1:4000
Osteopathische Dysfunktionen am Cranium bei Neugeborenen - 1250 Kinder untersucht	Fryman 1998	90

TABELLE 36 EPIDEMIOLOGISCHE TABELLE

9.5 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Langtext
ACAI	Anteriore Craniale Asymmetrie Index
AD	Anterior Dexter
ADAS	Anterior Dexter Anterior Sinister
AP	Ante – Post
AS	Anterior Sinister
CAS	Cranial Asymmetry Survey
CBA	Cranial Base Asymmetry
CCD	Charge-Coupled Device, zu deutsch „ladungsgekoppeltes Bauteil“
CI	Cranial Index
CMMs	Coordinate Measurement Machines
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor, zu deutsch „sich ergänzender Metall-Oxid-Halbleiter“
CPI	Cranial Proportional Index
CT	Kernspintomographie
CVA	Cranial Vault Asymmetry
CVAI	Cranial Vault Asymmetry Index
CVAI	Cranail Vault Asymetrie Index
DD	Diagonale Diferenz
DIN	Deutsches Institut für Normung
DSLR	Digital Single Lens Reflex
ED	Ear Deviation

ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
ISO	International Organization for Standardization
MRT	Magnetresonanztomographie
OAR	Occipital Angle Ratio - Occipitaler Winkel
ODD	Oblique Diameter Difference
ODDI	Oblique Diameter Difference Index
ODL	Oblique Diameter Left
ODLR	Oblique Cranial Length Ratio
ODLR-2DCAI	Oblique Cranial Length Ratio zweidimensional
ODLR-3D	Oblique Cranial Length Ratio dreidimensional
ODR	Oblique Diameter Right
OTDA	Orbitotragial Depth Asymmetry
PCAI	Posteriore Craniale Asymmetrie Index
PD	Posterior Dexter
PDPS	Posterior Dexter Posterior Sinister
PS	Posterior Sinister
SD	Sinister – Dexter
WHO	World Health Organisation